



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

PERENCANAAN *JETTY* 1 SISI UTARA DAN SELATAN UNTUK KAPAL 17.000 DWT DI TERSUS PT BADAK NGL, BONTANG

DIMAZ IRJA VIRATAMA
NRP 3112 100 148

Dosen Pembimbing
Ir. Dyah Iriani , M.Sc
Cahaya Buana, ST., MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

PERENCANAAN *JETTY* 1 SISI UTARA DAN SELATAN UNTUK KAPAL 17.000 DWT DI TERSUS PT BADAK NGL, BONTANG

DIMAZ IRJA VIRATAMA
NRP 3112 100 148

Dosen Pembimbing
Ir. Dyah Iriani , M.Sc
Cahya Buana, ST., MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**DESIGN OF JETTY 1 ON THE NORTH AND
SOUTH SIDE FOR 17.000 DWT IN TERSUS PT
BADAK NGL, BONTANG**

DIMAZ IRJA VIRATAMA
NRP 3112 100 148

Supervisor
Ir. Dyah Iriani W., M.Sc
Cahaya Buana, ST, MT

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN JETTY 1 SISI UTARA DAN SELATAN UNTUK KAPAL 17.000 DWT DI TERSUS PT BADAK NGL, BONTANG

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Transportasi (Pelabuhan)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

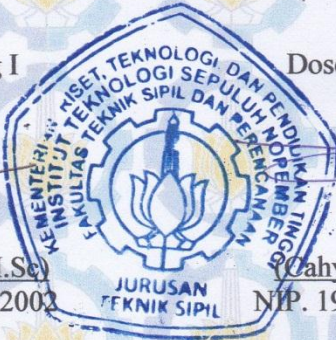
DIMAZ IRJA VIRATAMA

Nrp. 3112 100 148

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing I

(Ir. Dyah Iriani W., M.Sc.)
NIP. 196112191986032002



Dosen Pembimbing II

(Cahya Buana, ST, MT)
NIP. 197209272006041001

SURABAYA, JANUARI 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERENCANAAN JETTY 1 SISI UTARA DAN SELATAN UNTUK KAPAL 17.000 DWT DI TERSUS PT BADAK NGL, BONTANG

Nama Mahasiswa : Dimaz Irja Viratama
NRP : 3112100148
Jurusan : Civil Engineering, FTSP ITS
Dosen Konsultasi : Ir. Dyah Iriani , M.Sc
Cahya Buana, ST, MT

Abstrak

Seiring dengan peningkatan permintaan minyak yang diprediksi oleh BUMN minyak dan gas (MIGAS) sebesar 3,2% pada tahun 2012 - 2017, maka PT. Pertamina (Persero) berencana untuk meningkatkan kapasitas kilang-kilang minyak yang dimilikinya. Pertamina berencana membangun 4 kilang minyak baru dan penambahan kapasitas 4 kilang yang sudah ada dalam proyek Refining Development Masterplan Program (RDMP). Kedua program tersebut untuk menaikkan produksi minyak nasional Karena konsumsi BBM pada 6 sampai 10 tahun ke depan diperkirakan akan mencapai 2,4 juta sampai 2,8 juta barel per hari. Saat ini konsumsi BBM nasional sebesar 1,6 juta barel per hari.

Salah satu kilang minyak yang sedang direncanakan adalah kilang minyak di Bontang, Kalimantan Timur. Kilang minyak Bontang ini akan dibangun di area lahan PT badak NGL. Seluas 550 hektar dari 700 hektar lahan telah disiapkan oleh PT. Badak NGL. Terdapat 3 dermaga yang direncanakan sebagai fasilitas utama distribusi dan bongkar muat untuk curah kering, curah cair dan kargo yang terletak pada DLKR dan DLKP milik PT Badak NGL. Pada tugas akhir ini akan membahas perencanaan pembangunan dermaga jetty 1 yang nantinya akan digunakan sebagai dermaga untuk muat (loading) produk minyak : RON 92 ke kapal 17.000 DWT.

Tujuan utama pada tugas akhir ini adalah untuk mengevaluasi layout perairan dan daratan dan perhitungan detail struktur. Perencanaan dermaga tidak hanya mencakup perencanaan fasilitas laut serta perencanaan struktur dermaga saja. Perencanaan dermaga juga harus mencakup perencanaan alat-alat bongkar muat yang akan digunakan. Selain itu perlu juga direncanakan terkait metode pelaksanaan pembangunan yang akan digunakan dalam pembangunan dermaga tersebut. Dalam perencanaan dermaga juga harus ditinjau terkait rencana anggaran biaya dari dermaga tersebut.

Dari hasil analisis perhitungan didapatkan kebutuhan dermaga dengan ketentuan Loading Platform sebesar $16 \times 23 \text{ m}^2$, Breasting dolphin $5 \times 5 \text{ m}^2$, 2 jenis Mooring Dolphin yang berukuran $4 \times 4 \text{ m}^2$ dan $6 \times 6 \text{ m}^2$ serta Catwalk dengan bentang terpanjang 42 m. Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan dermaga ini adalah Rp.64.912.091.128,-.

Kata Kunci: PT. Pertamina, PT Badak NGL, Bontang, Dermaga Jetty 1, Kapal 17.000 DWT, minyak dan gas, RON 92

DESIGN OF JETTY 1 ON THE NORTH AND SOUTH SIDES FOR 17.000 DWT SHIP IN TERSUS PT BADAK NGL, BONTANG

Name : Dimaz Irja Viratama
NRP : 3112100148
Departement : Teknik Sipil, FTSP ITS
Supervisor : Ir. Dyah Iriani , M.Sc
Cahya Buana, ST, MT

Abstract

Along with the increase in oil demand predicted by the state oil and gas (Gas) amounted to 3.2% in 2012-2017, then PT. Pertamina (Persero) plans to increase the capacity of oil refineries owned. Pertamina plans to build four new refineries and refinery capacity additions 4 already in the project Refining Masterplan Development Program (RDMP). Both of these programs to increase national oil production Because fuel consumption at 6 to 10 years into the future is expected to reach 2.4 million to 2.8 million barrels per day. Currently the national fuel consumption by 1.6 million barrels per day.

One refinery that is being planned is an oil refinery in Bontang, East Kalimantan. Bontang refinery will be built in an area of land PT Badak NGL. Covering an area of 550 hectares of the 700 hectares of land has been prepared by PT. Badak NGL. There are 3 dock was planned as the main facility for the distribution and unloading of dry bulk, liquid bulk and cargo located in DLKR and DLKP owned by PT Badak NGL. In this final project will discuss development planning pier jetty 1 that will be used as a dock for loading of oil products: RON 92 to 17,000 DWT ships.

The main purpose of this final project are to evaluate the water and land layout and structure detailed calculations. Planning dock includes not only the marine facility planning and

planning the structure of the dock. Dock planning should also include the planning of loading and unloading equipment that will be used. It should also be related to the method of implementation of development planned to be used in the construction of the pier. In planning the dock also be reviewed related to the budget plan of the pier.

From the analysis of the calculation, needs loading dock with the provisions of the Platform of 16 x 23 m², breasting dolphin 5 x 5 m², two types of Mooring Dolphin 4 x 4 m² and 6x6 m² and Catwalk with the longest span of 42 m. Budget plans required for the construction of this jetty is Rp.64.912.091.128, -.

Key word: PT. Pertamina, PT Badak NGL, Bontang, Jetty 1, 17.000 DWT Ship, oil and gas, RON 92

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat dan kesempatan yang telah dilimpahkan, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan dermaga *Jetty* sisi Utara dan Selatan untuk kapal 17.000 DWT di Tersus PT Badak NGL, Bontang”. Dalam kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang mendukung dan membantu atas terselesaikannya Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Letkol ckm drg Syahrudin dan drg Elvy Hediningrum sebagai orang tua yang selalu memberikan motivasi dan dorongan beserta adik-adik yang senantiasa memberikan semangat yaitu Cesario Iriansyah dan Dewi Shara
2. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D selaku dosen wali yang telah membimbing dan memberikan motivasi selama berkuliah di ITS.
3. Ir. Dyah Iriani W, MSc dan Cahya Buana, ST, MT selaku dosen konsultasi yang telah memberikan arahan serta bimbingannya dalam proses penyusunan tugas akhir ini
4. Rochmi Tisnavianti ST., SH yang selalu ada setiap saat memberikan bantuan serta motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini
5. Khamidatul Khusna Farillah yang dengan sabar mendengarkan keluh kesan dan selalu mendoakan setiap saat
6. Keluarga besar SATMENWA 802 ITS yang telah mendidik dan memberikan ilmu yang sangat berharga
7. Seluruh dosen pengajar di Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu serta bimbingannya selama masa perkuliahan penulis
8. Teman –teman jurusan Teknik Sipil angkatan 2012 yang selalu menemani dalam suka dan duka
9. Keluarga dan kerabat lainnya yang memberikan motivasi dan bantuan selama proses penyusunan tugas akhir ini

Dalam pembuatan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tugas akhir yang penulis buat masih sangat jauh dari kesempurnaan. Jadi dengan rasa hormat penulis mohon petunjuk, saran, dan kritik terhadap tugas akhir ini. Sehingga kedepannya, diharapkan ada perbaikan terhadap tugas akhir ini serta dapat menambah pengetahuan bagi penulis.

Surabaya, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
Abstrak	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Lokasi Perencanaan	2
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Lingkup Pekerjaan.....	5
1.6 Batasan Masalah	5
1.7 Metodologi	5
1.7.1 Pendahuluan	7
1.7.2 Tinjauan Pustaka	7
1.7.3 Pengumpulan dan Analisa Data.....	7
1.7.4 Kriteria Desain.....	7
1.7.5 Perencanaan Struktur Dermaga	8
1.7.6 Perencanaan Metode Pelaksanaan	10
1.7.7 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya	11
1.7.8 Kesimpulan.....	11
BAB II TINJAUAN PUSATAKA	13
2.1 Umum.....	13
2.2 Data Perencanaan	13
2.2.1 Peta Bathimetry	13
2.2.2 Data Arus.....	14
2.2.3 Data Pasang Surut.....	15
2.2.4 Data Angin.....	16
2.2.5 Data Tanah.....	20

2.2.6 Data Kapal	20
2.2.7 Data Muatan	20
2.2.8 Data Alat.....	20
2.3 Evaluasi layout	21
2.3.1 Evaluasi Layout Perairan.....	21
2.3.2 Evaluasi Layout Daratan	23
2.4 Perhitungan Perencanaan Fender dan Bollard.....	28
2.4.1 Fender	28
2.4.2 Bollard	30
2.5 Pembebanan.....	32
2.5.1 Beban Vertikal.....	32
2.5.2 Beban Horizontal.....	32
2.6 Perhitungan Struktur Dermaga	35
2.6.1 Perhitungan Struktur Atas	35
2.6.2 Perhitungan Struktur Bawah.....	42
BAB III PENGUMPULAN DATA DAN ANALISA	47
3.1 Umum.....	47
3.2 Bathymetri	47
Hasil analisa data bathimetry.....	47
3.3 Pasang surut.....	49
Hasil analisa data pasang surut.....	50
3.4 Arus	50
Hasil analisa data arus	51
3.5 Tanah	52
Hasil analisa data tanah	52
BAB IV KRITERIA DESAIN	55
4.1 Peraturan yang Digunakan	55
4.2 Kualitas Bahan dan Material	56
4.2.1 Kualitas Beton	56
4.2.2 Kualitas Baja Tulangan	57
4.2.3 Tiang Pancang	57
4.2.4 Kriteria Kapal Rencana	57
4.3 Kriteria Alat Rencana.....	58

4.3.1 Marine Loading Arm	59
4.3.2 Fire Monitor Tower	61
4.3.3 Jib Crane	62
4.3.4 Tangga Stand Dermaga	64
4.4 Pembebanan	65
4.4.1 Pembebanan vertikal	65
4.4.2 Pembebanan horizontal	65
4.4.3 Beban akibat gempa	65
4.5 Perencanaan Fender	72
4.5.1 Beban tumbukan dari kapal	72
4.5.2 Pemilihan tipe fender	77
4.5.3 Perencanaan Panel Fender	80
4.6 Perencanaan Bollard	82
4.6.1 Gaya Akibat Tarikan Kapal	82
4.6.2 Pemilihan Tipe Bollard	83
 BAB V EVALUASI LAYOUT	87
5.1 Umum	87
5.2 Proses Muat (<i>Loading</i>)	87
5.3 Layout Perairan	89
5.3.1 Layout Rencana Awal	89
5.3.2 Evaluasi <i>Layout</i> Perairan	90
5.4 <i>Layout</i> Daratan	98
5.4.1 <i>Layout</i> Rencana Awal	98
5.4.2 Evaluasi <i>Layout</i> Daratan	99
 BAB VI PERHITUNGAN STRUKTUR DERMAGA	105
6.1 Perencanaan Struktur Catwalk	105
6.1.1 Umum	105
6.1.2 Permodelan Struktur Catwalk	109
6.1.3 Kontrol Struktur Catwalk	112
6.1.4 Perhitungan Pilar	137
6.2 Perhitungan Mooring Dolphin 1	142
6.2.1 Perencanaan Awal (preliminary desain)	142
6.2.2 Pembebanan Struktur Mooring Dolphin	143
6.2.3 Titik Jepit Tiang Pancang	144

6.2.4 Permodelan Struktur SAP 2000.....	146
6.2.5 Perhitungan Struktur Atas <i>Mooring Dolphin 1</i>	149
6.2.6 Perhitungan Struktur Bawah <i>Mooring Dolphin 1</i>	154
6.3 Perhitungan Mooring Dolphin 2.....	162
6.3.1 Perencanaan Awal (preliminary desain).....	162
6.3.2 Pembebanan Struktur Mooring Dolphin.....	163
6.3.3 Titik Jepit Tiang Pancang	164
6.3.4 Permodelan Struktur SAP 2000.....	166
6.3.5 Perhitungan Struktur Atas <i>Mooring Dolphin 2</i>	169
6.3.6 Perhitungan Struktur Bawah <i>Mooring Dolphin 2</i>	174
6.4 Perhitungan Breasting Dolphin	182
6.4.1 Perencanaan Awal (preliminary desain).....	182
6.4.2 Pembebanan Struktur Breasting Dolphin	183
6.4.3 Titik Jepit Tiang Pancang	184
6.4.4 Permodelan Struktur SAP 2000.....	186
6.4.5 Perhitungan Struktur Atas <i>Breasting Dolphin 1</i>	189
6.4.6 Perhitungan Struktur Bawah <i>Breasting Dolphin</i>	194
6.5 Perhitungan Struktur Loading Platform	194
6.5.1 Perencanaan Awal (preliminary desain).....	203
6.5.2 Pembebanan pada Loading Platform	204
6.5.3 Titik Jepit Tiang Pancang	206
6.5.4 Permodelan Struktur SAP.....	207
6.5.5 Perhitungan Struktur Atas Loading Platform	208
6.5.6 Perhitungan Struktur Bawah Loading Platform	234
 BAB VII METODE PELAKSANAAN	 241
7.1 Umum.....	241
7.2 Pekerjaan Persiapan.....	243
7.2.1 Pembersihan Lahan	243
7.2.2 Perencanaan <i>Site Office</i>	243
7.2.3 Pengadaan Material Konstruksi	244
7.2.4 Pengadaan Alat Berat Konstruksi.....	244
7.2.5 Pos Penjagaan	246
7.3 Pekerjaan Loading Platform	247
7.3.1 Pemancangan Tiang Pancang	247

7.3.2 Pekerjaan Poer	250
7.3.3 Pekerjaan Balok dan Pelat	253
7.3.4 Pemasangan Utilitas Dermaga	256
7.4 Pekerjaan Breasting Dolphin	257
7.4.1 Pekerjaan Pemancangan	257
7.4.2 Pekerjaan Poer	257
7.4.3 Pemasangan Fender	257
7.5 Pekerjaan Mooring Dolphin	258
7.5.1 Pekerjaan Pemancangan	258
7.5.2 Pekerjaan Poer	258
7.5.3 Pemasangan Bollard	258
7.6 Pekerjaan <i>Catwalk</i>	259
7.6.1 Pekerjaan Pemancangan	259
7.6.2 Pekerjaan Poer	259
7.6.3 Pemasangan Catwalk	259
BAB VIII RENCANA ANGGARAN BIAYA	261
8.1 Umum	261
8.2 Harga Material dan Alat	261
8.3 Analisa Harga Satuan	263
8.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya	266
8.5 Rekapitulasi Harga	273
BAB IX KESIMPULAN	275
9.1 Umum	275
9.2 Kesimpulan	275
DAFTAR PUSTAKA	283
LAMPIRAN	285

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 - Lokasi <i>Jetty 1</i> , Skala : 1 : 20.000	2
Gambar 1.2 - Layout <i>Jetty 1</i> dan <i>Jetty 2</i> , skala 1 : 2000	3
Gambar 1.3 - <i>Layout Jetty 1</i> (tanpa skala)	3
Gambar 1.4 – Bagan Metodologi	6
Gambar 2.1 - Hubungan kecepatan angin di laut dan di darat.....	17
Gambar 2.2 - Contoh perhitungan fetch efektif	18
Gambar 2.3 – Ketentuan jarak bentang <i>mooring</i> dan <i>breasting dolphin</i>	25
Gambar 2.4 - Posisi kapal saat membentur fender	29
Gambar 2.5 - Koefisien Kuat Arus	34
Gambar 2.6 - Koefisien Tekanan Angin	35
Gambar 2.7 - Pelat Tipe Jepit Penuh	36
Gambar 2.8 - Penampang Pelat	37
Gambar 3.1 – Peta Bathymetry di lokasi <i>Jetty 1</i> , skala 1 : 2.000, koordinat 0° 4'30.81"N, 117°28'54.48"E.....	48
Gambar 3.2 – Potongan A-A Peta Bathymetri	49
Gambar 3.3 - Grafik Pasang Surut	50
Gambar 3.4 - Current Rose <i>Jetty 1</i>	51
Gambar 3.5 - Lokasi Pengambilan Data Tanah B3	52
Gambar 3.6 - Grafik Elevasi-NSPT -Jenis Tanah di B3.....	53
Gambar 4.1 - Kapal 17.000 DWT	58
Gambar 4.2 – Marine Loading Arm	60
Gambar 4.3 – Fire Monitor Tower	61
Gambar 4.4 – Jib Crane	63
Gambar 4.5 – Tangga stand dermaga	64
Gambar 4.6 - S_s Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko- tertrget(MCE_R) kelas situs SB, SNI 1726 2012.....	66
Gambar 4.7 - S_1 Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko- tertrget(MCE_R) kelas situs SB, SNI 1726 2012.....	66
Gambar 4.8 - Grafik kecepatan kapal bertambat	76

Gambar 4.9 - Kecepatan kapal bertambat	77
Gambar 4.10 - Fender Super Cone	79
Gambar 4.11 - Desain Panel Fender SCN	80
Gambar 4.12 - Detail penampang <i>QRH bollard</i>	85
Gambar 5.1 - <i>General Layout</i> rencana <i>Jetty 1</i> dan <i>Jetty 2</i>	89
Gambar 5.2 – Kebutuhan <i>Layout</i> Perairan untuk <i>jetty 1</i>	95
Gambar 5.3 – Kebutuhan <i>Layout</i> Perairan pada peta	96
Gambar 5.4 – Kebutuhan Pengerukan.....	97
Gambar 5.5 - <i>Layout</i> daratan rencana awal	98
Gambar 5.6 – <i>Layout</i> Utilitas	100
Gambar 5.7 – <i>Layout</i> Daratan <i>Jetty 1</i>	103
Gambar 6.1 – <i>Layout</i> Catwalk.....	107
Gambar 6.2 – Spesifikasi Plat <i>Grating</i>	107
Gambar 6.3 – Permodelan <i>Catwalk</i> pada SAP 2000	109
Gambar 6.4 – Permodelan Pilar pada program SAP 2000	137
Gambar 6.5 – <i>Layout Mooring Dolphin 1</i>	142
Gambar 6.6 – <i>Titik Jepit Tiang Pancang</i>	145
Gambar 6.7 – Permodelan pada program SAP 2000.....	147
Gambar 6.8 – Grafik Daya Dukung Tanah.....	156
Gambar 6.9 – <i>Layout Mooring Dolphin 2</i>	162
Gambar 6.10 – <i>Titik Jepit Tiang Pancang</i>	165
Gambar 6.11 – Permodelan pada program SAP 2000.....	167
Gambar 6.12 – Grafik Daya Dukung Tanah.....	176
Gambar 6.13 – <i>Layout Breasting Dolphin</i>	182
Gambar 6.14 – <i>Titik jepit Tiang Pancang</i>	185
Gambar 6.15 – Permodelan pada program SAP 2000.....	187
Gambar 6.16 – Grafik Daya Dukung Tanah.....	197
Gambar 6.17 – <i>Layout Loading Platform</i>	203
Gambar 6.18 – Permodelan pada program SAP 2000.....	207
Gambar 6.19 – Tipe Pelat	208
Gambar 6.20 – Terjepit Elastis	209
Gambar 6.21 – eksentrisitas pada pile cap	229
Gambar 6.22 – Grafik Daya Dukung Tanah.....	235

Gambar 7.1 – Diagram Alir Metode Pelaksanaan	242
Gambar 7.2 - <i>Site Office</i>	243
Gambar 7.3 - Pengadaan tiang pancang baja.....	244
Gambar 7.4 – Alat Berat Konstruksi	245
Gambar 7.5 – Pos Penjagaan	246
Gambar 7.6 - theodolite.....	249
Gambar 7.7 – Proses penyambungan tiang pancang	249
Gambar 7.8 – Tulangan spiral isian tiang pancang	250
Gambar 7.9 - Cincin tiang pancang	251
Gambar 7.10 - <i>Temporary support</i>	251
Gambar 7.11 – Bekisting dan penulangan poer.....	252
Gambar 7.12 – Bekisting <i>Mooring</i> dan <i>Breasting Dolphin</i>	252
Gambar 7.13 – Bekisting Balok	254
Gambar 7.14 – Decking beton.....	254
Gambar 7.15 – Utilitas Dermaga	256
Gambar 7.16 – Fender yang telah terpasang	257
Gambar 7.17 – QRH Bollard yang telah terpasang	258
Gambar 7.18 - <i>Catwalk</i>	259

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 - Tinggi gelombang izin di pelabuhan.....	19
Tabel 2.2 – Kebutuhan Areal Penjangkaran.....	21
Tabel 2.3 - Kebutuhan ukuran alur masuk	22
Tabel 2.4 - Peraturan ISO mengenai jumlah, kekuatan winch dan tali pada kapal.....	31
Tabel 2.5 - Koefisien perhitungan lebar retak	38
Tabel 2.6 - Nilai α dan β	43
 Tabel 3.1 – Korelasi NSPT dengan kerapatan relative.....	 54
 Tabel 4.1 – Tabel spesifikasi Marine Loading Arm.....	 60
Tabel 4.2 – Spesifikasi Jib Crane	62
Tabel 4.3 – Spesifikasi tangga stand dermaga.....	64
Tabel 4.4 - Koefisien situs, F_a	67
Tabel 4.5 - Koefisien situs, F_v	67
Tabel 4.6 - Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	69
Tabel 4.7 - Penentuan nilai C_u	69
Tabel 4.8 - Faktor R	70
Tabel 4.9 - Nilai spektral percepatan di permukaan	71
Tabel 4.10 - Besarnya faktor C_b	72
Tabel 4.11 – Besar koefisien eksentrisitas (C_E).....	73
Tabel 4.12 - Besar koefisien bantalan (C_c)	74
Tabel 4.13 - Besar koefisien kehalusan (C_s)	74
Tabel 4.14 - Rate Performance Fender	78
Tabel 4.15 - Dimensi Fender	78
Tabel 4.16 - Tekanan Kontak Ijin.....	81
Tabel 4.17 - Peraturan ISO mengenai jumlah, kekuatan winch dan tali pada kapal.....	82
Tabel 4.18 – Spesifikasi <i>QRH Bollard</i>	84

Tabel 5.1 - Dimensi layout rencana awal	90
Tabel 5.2 – Hasil evaluasi <i>layout</i> perairan	94
Tabel 5.3 - Dimensi layout rencana awal	99
Tabel 5.4 – Hasil evaluasi <i>layout</i> daratan.....	102
Tabel 6.1- Output Gaya – Gaya Dalam Catwalk 10 Meter	110
Tabel 6.2 - Output Gaya – Gaya Dalam Catwalk 14 Meter	110
Tabel 6.3 - Output Gaya – Gaya Dalam Catwalk 16 Meter	110
Tabel 6.4 - Output Gaya – Gaya Dalam Catwalk 22 Meter	111
Tabel 6.5 - Output Gaya – Gaya Dalam Pilar.....	138
Tabel 6.6 - Rekap Penulangan Poer pada Pilar	141
Tabel 6.7 – Hasil Output SAP 2000	146
Tabel 6.8 - Hasil Output SAP 2000.....	166
Tabel 6.9 – Hasil Output SAP 2000	186
Tabel 6.10 – Hasil Output Program SAP 2000	207
Tabel 6.11 – Besar koefisien X	210
Tabel 6.12 - Hasil Perhitungan Momen.....	212
Tabel 6.13 – Hasil Perhitungan Penulangan Pelat.....	218
Tabel 6.14 – Hasil Perhitungan Kontrol Retak Pada Pelat	219
Tabel 6.15 – Hasil Penulangan Balok	228
Tabel 6.16 - Rekap Penulangan Poer.....	233
Tabel 8.1 - Daftar Harga Material dan Alat.....	262
Tabel 8.2 - Analisa Harga Satuan Menurut Permen Hub No 78263	
Tabel 8.3 - Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Persiapan.....	267
Tabel 8.4 – Rencana Anggaran Biaya Mooring Dolphin 1	268
Tabel 8.5 - Rencana Anggaran Biaya Mooring Dolphin 2	269
Tabel 8.6 - Rencana Anggaran Biaya Breasting Dolphin.....	270
Tabel 8.7 - Rencana Anggaran Biaya Loading Platform.....	271
Tabel 8.8 - Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Catwalk.....	272
Tabel 8.9 - Rekapitulasi Harga Pembangunan Jetty	273

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertamina adalah BUMN yang bertugas mengelola penambangan minyak dan gas bumi di Indonesia. Perusahaan ini juga mengoperasikan 7 kilang minyak dengan kapasitas total 1.051,7 MBSD, pabrik petrokimia dengan kapasitas total 1.507.950 ton per tahun dan pabrik LPG dengan kapasitas total 102,3 juta ton per tahun.

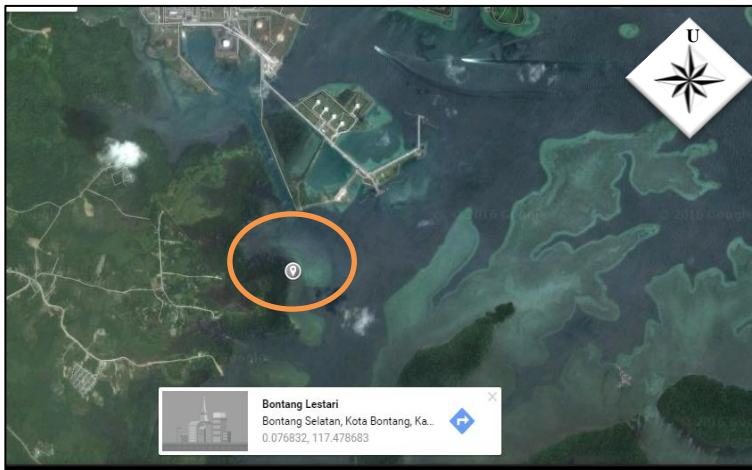
Pertamina berencana membangun 4 kilang minyak baru dan penambahan kapasitas 4 kilang yang sudah ada dalam proyek Refining Development Masterplan Program (RDMP). Kedua program tersebut untuk menaikkan produksi minyak nasional. Karena konsumsi BBM pada 6 sampai 10 tahun ke depan diperkirakan akan mencapai 2,4 juta sampai 2,8 juta barel per hari. Saat ini konsumsi BBM nasional sebesar 1,6 juta barel per hari.

Salah satu kilang minyak yang sedang direncanakan adalah kilang minyak di Bontang, Kalimantan Timur. Kilang minyak Bontang ini akan dibangun di area lahan PT Badak NGL. Seluas 550 hektar dari 700 hektar lahan telah disiapkan oleh PT. Badak NGL. Terdapat 3 dermaga yang direncanakan sebagai fasilitas utama distribusi dan bongkar muat untuk curah kering, curah cair dan kargo yang terletak pada DLKR dan DLKP milik PT Badak NGL. Pada tugas akhir ini akan merencanakan pembangunan dermaga *jetty 1* yang nantinya akan digunakan sebagai dermaga untuk muat (*loading*) produk minyak : RON 92 ke kapal 17.000 DWT.

Dengan direncanakannya sebuah dermaga baru ini, diharapkan dapat menunjang upaya pemerintah dalam menaikkan produksi minyak dalam negeri. Perencanaan pembangunan fasilitas pelabuhan berupa dermaga minyak ini, membutuhkan suatu desain struktur dermaga yang memenuhi standar yang ada serta dapat dilaksanakan di lapangan.

1.2 Lokasi Perencanaan

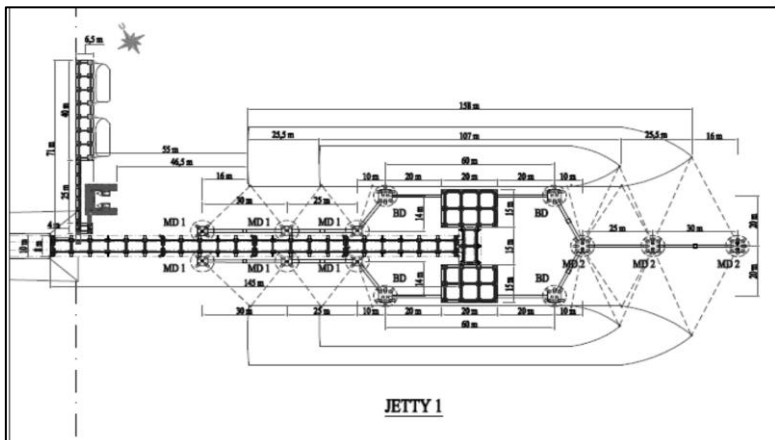
Lokasi perencanaan dermaga (*jetty*) yang dipilih yaitu berada di Kota Bontang Provinsi Kalimantan Timur. Letak geografis Kota Bontang yaitu antara 117°23' Bujur Timur sampai 117°38' Bujur Timur serta diantara 0°01' Lintang Utara dan 0°12' Lintang Utara. Peta lokasi *jetty* 1 dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 - Lokasi *Jetty 1*, Skala : 1 : 20.000
(Sumber: earth.google)

Terdapat dua buah *jetty* , *jetty* 1 digunakan untuk pendistribusian produk minyak dan *jetty* 2 digunakan untuk bongkar muat muatan curah dan general kargo. Lokasi untuk *jetty* 1 dan 2 adalah 0° 4'30.81"N, 117°28'54.48"E dan 0° 4'20.52"N, 117°28'51.02"E. *General Layout jetty* 1 dan 2 ditunjukkan Gambar 1.2. Untuk detail layout *jetty* 1 ditunjukkan pada Gambar 1.3.

(Sumber: Site Assessment, Penyusunan lingkup kerja dan estimasi biaya untuk offshore development kilang Bontang – LPPM ITS)



(Sumber: Site Assessment, Penyusunan lingkup kerja dan estimasi biaya untuk offshore development kilang Bontang – LPPM ITS)

1.3 Rumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini permasalahan utama yang akan diselesaikan adalah bagaimana merancang dermaga minyak untuk kapal 17.000 DWT pada jetty 1 di tersus PT Badak NGL Bontang, Kalimantan Timur. Adapun detail permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Diperlukannya pengembangan pelabuhan berupa dermaga *jetty 1* untuk kapal 17.000 DWT untuk meningkatkan kapasitas produksi dan arus bongkar muat.
2. Bagaimana merencanakan struktur dermaga yang sesuai kapal dengan kapasitas 17.000 DWT di area *offshore* tersus PT Badak NGL Bontang.
3. Bagaimana merencanakan struktur dermaga yang mampu menahan kombinasi pembebanan yang bekerja pada struktur dermaga.
4. Diperlukan penyusunan metode pelaksanaan pembangunan dermaga yang sesuai dan paling efektif.
5. Berapa anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan jetty 1 di TERSUS PT Badak NGL , Bontang.

1.4 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari pembahasan tugas akhir ini adalah:

1. Meninjau kembali dan memperbaiki layout rencana pembangunan dermaga untuk kapal tanker kapasitas 17.000 DWT di tersus PT Badak NGL Bontang jika terjadi ketidaksesuaian dengan standart perencanaan.
2. Mampu membuat perencanaan detail struktur dermaga meliputi layout pemalokan, sistem *fender* dan *boulder*, *loading platform*, *mooring dolphin*, *breasting dolphin*, dan *catwalk*.
3. Merencanakan metode kerja untuk pembangunan dermaga untuk kapal 17.000 DWT di tersus PT Badak NGL Bontang .

4. Mampu melakukan perhitungan terkait anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan dermaga untuk kapal tanker kapasitas 17.000 DWT di tersus PT Badak NGL Bontang.

1.5 Lingkup Pekerjaan

Adapun lingkup pekerjaan dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Evaluasi layout dermaga dan perairan.
2. Perhitungan kebutuhan *fender* dan *boulder*.
3. Perhitungan struktur dermaga.
4. Metode pelaksanaan.
5. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya.

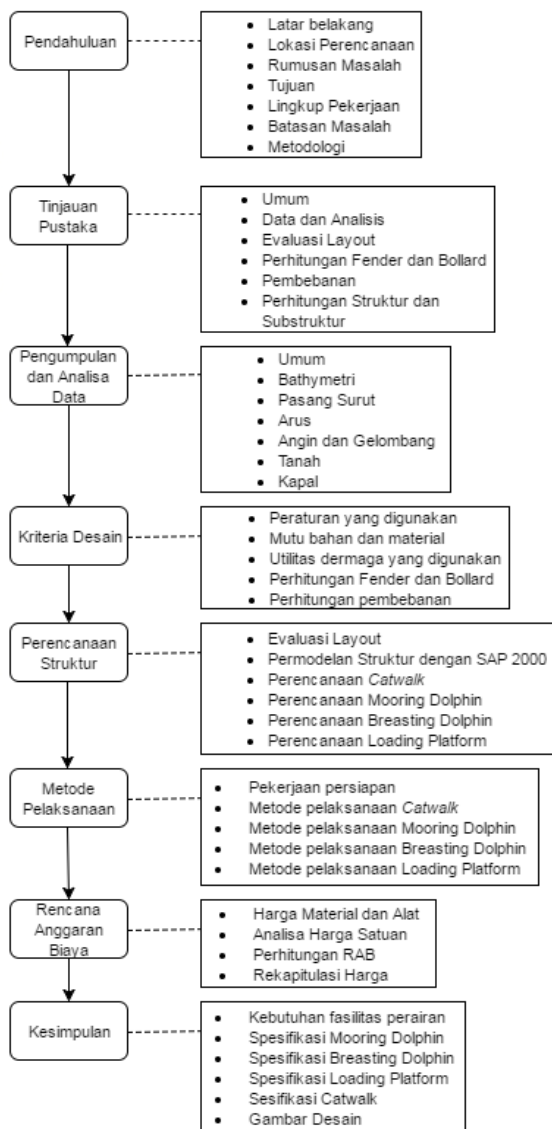
1.6 Batasan Masalah

Melihat kompleksnya permasalahan yang ada di lingkungan kerja pelabuhan maka perlu dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Perencanaan detail teknis perencanaan dermaga dilakukan dengan struktur open pier.
2. Tidak merencanakan trestle
3. Tidak melakukan perhitungan pengerukan.
4. Tidak merencanakan rambu – rambu SBMP dan sistem navigasi pelayaran.

1.7 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 – Bagan Metodologi

Berikut keterangan dari bagan metodologi di atas :

1.7.1 Pendahuluan

Mempelajari tentang latar belakang, lokasi, permasalahan, ruang lingkup pekerjaan dan tujuan pada area direncanakannya proyek.

1.7.2 Tinjauan Pustaka

Mempelajari tentang dasar teori, konsep, dan perumusan yang akan digunakan dalam perencanaan.

1.7.3 Pengumpulan dan Analisa Data

Data yang digunakan untuk perencanaan adalah data sekunder yaitu :

- a. Data bathymetri
- b. Data pasang surut
- c. Data arus
- d. Data tanah
- e. Data kapal
- f. Data alat

Analisa data meliputi :

- a. Analisa data bathymetri
- b. Analisa data pasang surut
- c. Analisa data arus
- d. Analisa data tanah

1.7.4 Kriteria Desain

Kriteria desain meliputi :

- a. Peraturan yang digunakan
- b. Mutu bahan dan material
- c. Kriteria kapal rencana
- d. Perhitungan fender dan bollard
- e. Utilitas dermaga yang digunakan
- f. Perhitungan Pembebanan

1.7.5 Perencanaan Struktur Dermaga

Perencanaan struktur dermaga meliputi :

- a. Evaluasi Lay Out
 1. Layout Perairan
Evaluasi Layout perairan diawali dengan mengevaluasi kedalaman perairan. Dari draft kapal penuh juga dapat diketahui lebar alur pelayaran, dimensi kolam dermaga, dan areal penjangkaran.
 2. Layout Daratan
 - Posisi kemiringan Dermaga
Dalam perhitungan arus laut harus mengetahui kondisi besar kecil arus dan arah arus, agar tidak terjadi cross section. sehingga penempatan kemiringan dermaga harus tepat
 - Panjang Dermaga
Dalam perhitungan kebutuhan panjang dermaga digunakan kapal rencana sesuai dengan fungsi dermaga dimana memperhatikan data kapal, yaitu jenis kapal dan jumlah kapal yang bertambat pada dermaga rencana.
 - Lebar Dermaga
Lebar dermaga tidak ditentukan secara khusus, tetapi disesuaikan dengan ruang penggunaan peralatan operasional pelabuhan seperti lebar peralatan bongkar muat serta lebar yang dibutuhkan untuk manuver truk dan alat berat lain.
 - Elevasi Permukaan Dermaga
Elevasi dermaga dihitung pada saat muka air pasang tertinggi.
- b. Desain masing-masing struktur yang meliputi :
 - Mooring dolphin
 - Breasting Dolphin
 - Loading Platform

- c. Perencanaan catwalk
 - 1. Perencanaan Dimensi Catwalk
 - 2. Perencanaan denah pembalokan meliputi penentuan layout balok, posisi tiang pancang.
 - 3. Penentuan pembebanan pada struktur catwalk
 - 4. Analisis struktur bertujuan untuk mendapatkan output gaya dalam berupa gaya aksial, geser, dan momen. Analisis struktur dicari dengan dengan menggunakan *software* SAP 2000 dan peraturan PBI'71
 - 5. Perencanaan balok, sambungan
- d. Analisis Struktur

Analisis struktur bertujuan untuk mendapatkan output gaya dalam berupa gaya aksial, geser, dan momen. Analisis struktur dicari dengan dengan menggunakan *software* SAP 2000 dan peraturan PBI'71.
- e. Perencanaan Penulangan

Perencanaan penulangan menggunakan metode elastis cara 'n' dalam PBI'71 untuk penulangan pelat, balok dan poer. Prinsip kerusakan dalam metode elastis ini adalah tulangan diharapkan akan leleh lebih dahulu sebelum beton retak, sehingga melindungi struktur dari karat akibat retak.
- f. Perencanaan Substruktur

Struktur dermaga yang akan direncanakan adalah dermaga open pier dan memakai tiang pancang sebagai pendukungnya. Langkah - langkah untuk perencanaan tiang pancang adalah sebagai berikut:

 - 1. Menentukan Tipe material tiang pancang, yaitu memakai tiang pancang baja atau tiang pancang beton
 - 2. Menghitung daya dukung tiang pancang dengan metode Luciano Decourt
 - 3. Menentukan tinggi daerah jepit tiang (Z_f)

4. Mengontrol kekuatan bahan yaitu membandingkan besarnya tegangan yang terjadi akibat beban luar harus lebih kecil dari pada tegangan ijin bahan
5. Mengontrol kekuatan tiang saat berdiri sendiri terhadap gelombang, dimana frekuensi tiang harus lebih besar dari pada frekuensi gelombang yang terjadi
6. Menghitung daya dukung tiang pancang dengan sistem kalendering

1.7.6 Perencanaan Metode Pelaksanaan

Perencanaan metode pelaksanaan meliputi metode pengadaan dan pelaksanaan catwalk, mooring dolphin, breasting dolphin dan catwalk yang meliputi pengadaan dan pelaksanaan pemancangan, pengecoran poer, balok melintang dan memanjang serta pelat lantai dan peralatan fasilitas yang lain.

1.7.7 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Analisis anggaran biaya dilakukan sesuai dengan standar dan kebutuhan yang ada. Urutan dari analisis ini yaitu :

- a. Harga material dan Alat
- b. Analisis Harga Satuan
- c. Rekapitulasi perhitungan

1.7.8 Kesimpulan

Kesimpulan merupakan hasil perhitungan dan kebutuhan dalam konstruksi Jetty, metode pelaksanaan yang akan digunakan, dan nilai keseluruhan total anggaran biaya yang dibutuhkan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSATAKA

2.1 Umum

Bab ini akan membahas tentang dasar teori dan rumus-rumus yang digunakan dalam perencanaan struktur dermaga untuk kapal 17.000 DWT sisi utara dan selatan *Jetty* 1 di terminal khusus PT. BADAK NGL , Bontang. Menurut Undang-Undang No.17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, disebutkan bahwa pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra-dan antarmoda transportasi.

2.2 Data Perencanaan

2.2.1 Peta Bathymetry

Peta bathymetri merupakan peta yang menunjukkan kontur kedalaman dasar laut diukur dari posisi 0.00 m LWS. Pembuatan peta bathymetri merupakan kegiatan pengumpulan data kedalaman dasar laut dengan metode penginderaan atau rekaman dari permukaan dasar perairan, yang akan diolah untuk menghasilkan relief dasar perairan, sehingga dapat digambarkan susunan dari garis-garis kedalaman (kontur). Kegunaan dari peta Bathymetri antara lain:

- Mengetahui kedalaman perairan dan bentuk kontur dasar laut sehingga dapat digunakan untuk merencanakan kedalaman perairan yang aman bagi kapal
- Mengetahui tingkat kelandaian dasar laut sehingga dapat digunakan penentuan tipe dermaga yang sesuai

- Mengetahui volume pengerukan yang diperlukan pada saat pembuatan kolam pelabuhan.

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan Bathymetri terdiri beberapa alat pendukung diantaranya Handy talki, bendera (menara tonggak), dan perahu boat, sedang alat yang utama adalah alat ukur jarak Theodolit dan alat ukur kedalaman Echo sounder. Pada tugas akhir ini, data peta bathymetry Peta bathymetri yang digunakan adalah peta hidral perairan PT badak NGL dari DISHIDROS no. 41 tahun 2004 yang diperoleh dari LPPM – ITS.

2.2.2 Data Arus

Arus terjadi oleh beberapa sebab meliputi adanya perbedaan muka dasar tanah dibawah air, perbedaan level permukaan air, perbedaan kerapatan/ densitas air, dan perbedaan suhu air menghasilkan jenis arus pasang surut (*tidal currents*), arus pantai (*coastal currents*), arus permukaan lautan (*surface ocean currents*), dan arus putaran global (*global conveyor belt*).

Kegunaan data arus pada perencanaan pelabuhan untuk :

- Menghindari pengaruh tekanan arus berarah tegak lurus kapal, agar dapat bermanuver dengan cepat dan mudah, kecepatan arus maksimum = 3 knot.
- Evaluasi stabilitas garis atau morfologi pantai (erosi atau sedimentasi), untuk sungai, digunakan menghitung debit air, intrusi air laut, sedimentasi.
- Mendapatkan gaya yang terjadi sejajar atau tegak lurus kapal akibat arus

Pada umumnya yang dibutuhkan adalah mengetahui frekuensi arah dan kecepatan arus terhadap pola aliran pasang surut. Untuk itu data diolah dan ditampilkan bersama data pasang surut. Data arus pada tugas akhir ini didapatkan dengan menggunakan alat *ADCP Bottom Mounted* yang dilakukan oleh DISHIDROS TNI- AL yang didapat dari LPPM –ITS

2.2.3 Data Pasang Surut

Pasang Surut adalah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh adanya pengaruh gaya tarik Matahari terhadap Bumi dan terhadap Bulan. Pasang surut air laut menyebabkan bertambahnya kedalaman laut akibat dari adanya kenaikan muka air laut ,sehingga ada beberapa wilayah pantai yang terbenam sewaktu pasang naik dan terlihat sewaktu pasang surut.

Dalam perencanaan pelabuhan data pasang surut digunakan untuk mengetahui elevasi tertinggi dan terendah . Tinggi Pasang surut dapat ditentukan dengan melihat elevasi tertinggi (pasang) dan elevasi terendah (surut) dengan berurutan.Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang tergantung pada tipe pasang surut. Periode pada muka air naik disebut pasang, sedang pada saat air turun disebut surut. Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut yang mengangkut massa air dalam jumlah sangat besar. Pada umumnya elevasi tertinggi atau elevasi muka air pasang digunakan untuk menentukan tinggi dermaga atau breakwater . Sedangkan nilai elevasi terendah atau surut digunakan untuk menentukan alur kedalaman dalam pelayaran.

Pasang surut secara umum dibedakan menjadi 4 type yaitu pasang surut harian tunggal (diurnal tide), harian ganda (semidiurnal tide) dan dua jenis campuran.

- Pasang harian tunggal (diurnal) bila terjadi 1 kali pasang dan surut dalam sehari sehingga dalam satu periode berlangsung sekitar 12 jam 50 menit.
- Pasang harian ganda (semi diurnal) bila terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dalam sehari.
- Pasang surut campuran (mixed) : baik dengan didominasi semi diurnal maupun diurnal

Komponen penting yang perlu diketahui sebagai hasil analisis data pasang surut adalah :

- LWS (Low water Spring) merupakan hasil perhitungan level muka air rata-rata terendah (surut), sering disebut juga MLWS (Mean Low Water Surface).
- MSL (Mean Sea Level) adalah elevasi rata-rata muka air pada kedudukan pertengahan antara muka air terendah dan tertinggi.
- HWS (High Water Spring) adalah elevasi rata-rata muka air tertinggi(pasang), disebut juga MHWS (mean high water surface).

Data yang didapat untuk pasang surut sendiri berasal dari survey dengan alat TideMaster Actual Record yang dianalisa oleh T-Tide selama 32 hari pengamatan yaitu dari tanggal 28 Juni 2015 sampai 30 Juni 2015 yang dilakukan oleh DISHIDROS TNI – AL.

2.2.4 Data Angin

Angin merupakan gerakan udara dari daerah dengan tekanan udara tinggi ke daerah dengan tekanan udara yang lebih rendah. Biasanya angin ditimbulkan oleh perbedaan temperatur pada sebuah daerah satu dengan daerah yang lainnya. Kegunaan data angin diantaranya adalah:

- Perhitungan analisis gelombang.
- Mengetahui distribusi arah dan kecepatan angin yang terjadi tepat di rencana lokasi pelabuhan.
- Perencanaan beban horizontal yang bekerja pada badan kapal.
- Data angin dapat diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat atau dari bandar udara terdekat, bila diperlukan pengukuran langsung dapat digunakan peralatan Anemometer dan asesorisnya yang disurvei selama minimal setahun terus menerus.

Penyajian data angin dapat diberikan dalam bentuk tabel atau *Wind Rose* agar karakteristik angin bisa dibaca dengan cepat. Analisis data angin bertujuan untuk mendapatkan kecepatan dan arah angin yang dominan pada lokasi yang direncanakan pendirian dermaga. Koreksi angin di darat dan di atas permukaan laut dapat menggunakan rumus berikut ini :

$$R_L = \frac{U_w}{U_L}$$

Dimana :

RL = Faktor koreksi terhadap kecepatan angin di darat

UW = Kecepatan angin di atas permukaan laut (m/dt)

UL = kecepatan angin di atas daratan (m/dt)

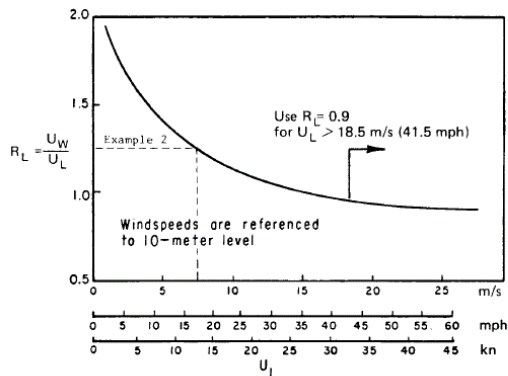
Dalam Perumusan dan grafik pembangkit gelombang mengandung variable U_A , dimana U_A adalah faktor tegangan angin yang dapat dihitung dari kecepatan angin. Setelah dilakukan berbagai konversi kecepatan angin , kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan rumus berikut :

$$U_A = 0,71 U^{1,23}$$

Dimana :

U = kecepatan angin dalam m/det (lihat Gambar 2.1)

U_A = faktor tegangan angin (wind stress factor)



(after Resio & Vincent, 1977b)

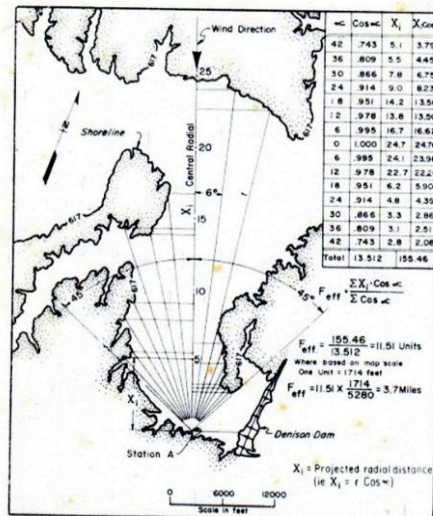
Gambar 2.1 - Hubungan kecepatan angin di laut dan di darat
(sumber : OCDI, 2002)

Di dalam peramalan gelombang dari data angin yang diperoleh, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu kecepatan angin, arah angin, panjang daerah pembangkit gelombang (fetch) dan lama hembusan angin pada fetch. Fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin

$$F_{eff} = \frac{\sum (X_i \cdot \cos \alpha_i)}{\sum \cos \alpha_i}$$

Dimana :

- F_{eff} = fetch rerata efektif (lihat Gambar 2.2)
 X_i = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch
 α_i = deviasi pada kedua sisi arah angin dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut 42° pada kedua sisi dari arah angin.



Gambar 2.2 - Contoh perhitungan fetch efektif
 (sumber : OCDI, 2002)

Untuk Perhitungan tinggi gelombang dipakai rumus Shore Protection Manual, 1984

$$H_{s0} = 1,616 \times 10^{-2} U_A F^{1/2}$$

$$T_0 = 6,238 \times 10^{-2} (U_A F)^{1/3}$$

$$t = 8,93 \times 10^{-1} \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3}$$

Dimana :

H_{s0} = Tinggi gelombang significant (meter)

T_0 = Periode gelombang puncak (detik)

F = Panjang fetch (km)

U_A = (9,8 m/s)

t = (jam)

Namun, peramalan gelombang juga dapat dilakukan dengan pengolahan data secara langsung. Data pengukuran gelombang ini dapat menggunakan data dari BMKG yang dapat langsung diolah sehingga bisa langsung didapatkan tinggi gelombang rencana untuk perencanaan dermaga.

Pada umumnya tinggi gelombang kritis untuk bongkar muat ditentukan berdasarkan jenis kapal, kondisi bongkar muat, dan ukuran kapal. Tinggi gelombang yang diizinkan di pelabuhan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 - Tinggi gelombang izin di pelabuhan

Ship size	Threshold wave height for cargo handling ($H_{1/3}$)
Small-sized ships	0.3 m
Medium- and large-sized vessels	0.5 m
Very large vessels	0.7 ~ 1.5 m

(Sumber : *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 1991*)

Pada perencanaan tugas akhir ini, data angin dan gelombang tidak perlu diperhitungkan dan dianalisa karena gelombang yang terjadi di lokasi perencanaan sangat kecil dan tidak memberikan pengaruh yang berarti pada kapal yang akan bersandar. Hal tersebut disebabkan karena lokasi perencanaan terletak pada bagian dalam teluk di Bontang sehingga terlindung dari pengaruh angin dan gelombang dari lautan luar.

2.2.5 Data Tanah

Dalam Perencanaan pelabuhan ,survey data tanah digunakan untuk mengetahui kondisi tanah yang akan gunakan untuk perencanaan struktur bawah dermaga . Data tanah ini dapat diperoleh dengan melakukan pengeboran dengan mesin bor di beberapa titik yang ditinjau. Selain itu dilakukan uji SPT ,dimana dalam uji SPT ini didapatkan nilai NSPT guna mengetahui lapisan-lapisan tanahnya.

2.2.6 Data Kapal

Data kapal digunakan untuk mengetahui jenis kapal dan dimensi yang berlabuh didermaga yang akan direncanakan .Pada umumnya data kapal yang digunakan adalah bobot kapal, panjang kapal (LOA), lebar kapal dan draft/sarat penuh kapal.

2.2.7 Data Muatan

Data muatan diperlukan untuk mengetahui jenis muatan yang akan di bongkar muat didermaga dan juga menentukan jenis alat yang akan digunakan. Pada tugas akhir ini jenis muatan berupa produk minyak : pertamax RON 92. Diperlukan perlakuan khusus terhadap muatan tersebut, karena sangat mudah terbakar.

2.2.8 Data Alat

Dalam perencanaan pelabuhan data alat digunakan untuk meengetahui pembebanan yang membebani struktur dermaga yang direncanakan.

2.3 Evaluasi layout

Dalam perencanaan pelabuhan Evaluasi ini bertujuan agar layout sesuai dengan standart yang ada.. Evaluasi layout dibagi menjadi 2 yaitu evaluasi layout perairan dan layout darat.

2.3.1 Evaluasi Layout Perairan

Layout perairan dermaga harus dievaluasi dengan mempertimbangkan keselamatan navigasi selama kapal berada pada alur masuk, kolam putar, dan kolam dermaga hingga melakukan proses bongkar muatan. Hasil evaluasi layout perairan tersebut berupa data-data ukuran, dimensi, kedalaman perairan, dan elevasi dari dermaga yang direncanakan serta merencanakan kebutuhan fasilitas perairan.

- Areal Penjangkaran (Anchorage Area)

Areal penjangkaran adalah lokasi kapal menunggu sebelum dapat bertambat, baik karena menunggu cuaca membaik, atau karena dermaga dan alur yang akan digunakan masih terpakai, alasan karantina, atau sebab yang lain.

Kebutuhan areal penjangkaran areal penjangkaran dapat ditentukan dengan menggunakan peruusan seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 – Kebutuhan Areal Penjangkaran

Tujuan penjangkaran	Dasar laut atau Kecepatan angin		Jari-jari
Menunggu atau inspeksi muatan	Penjangkaran baik	Swinging	$LOA + 6 d$
		Multiple	$LOA + 4,5 d$
	Penjangkaran jelek	Swinging	$LOA + 6 d + 30 m$
		Multiple	$LOA + 4,5 d + 25 m$
Menunggu cuaca baik	Kec.Angin $V = 20 \text{ m/dtk}$		$LOA + 3 d + 90 m$
	Kec.Angin $V = 30 \text{ m/dtk}$		$LOA + 4 d + 145 m$

(Sumber : *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*)

- Alur Masuk

Alur masuk (*entrance channel*) berawal dari mulut pelabuhan hingga kapal mulai berputar, parameter yang harus diketahui mencakup kedalaman, lebar, dan panjang alur. Berikut adalah perumusan kebutuhan alur masuk (lihat Tabel 2.3).

Tabel 2.3 - Kebutuhan ukuran alur masuk

Lokasi	Ukuran	Keterangan
Kedalaman nominal (tidak termasuk tole- ransi dasar laut)	1,20 * D	Laut terbuka
	1,15 *D	Alur masuk
	1,10 * D	Depan dermaga
Lebar Untuk alur Panjang	2 * LOA	Kapal sering berpapasan
	1,5 * LOA	Kapal jarang berpapasan
Lebar untuk alur Tidak panjang	1,5 * LOA	Kapal sering berpapasan
	1 * LOA	Kapal jarang berpapasan
Panjang alur (stopping distance)	7 * LOA	± 10.000 DWT, 16 knots
	18 * LOA	± 200.000 DWT, 16 knots
	1 * LOA	± 10.000 DWT, 5 knots
	3 * LOA	± 200.000 DWT, 5 knots
	5 * LOA	Kapal ballast/kosong

(Sumber : *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*)

- Kolam Putar (Turning Basin)

Kolam putar berada di ujung alur masuk atau dapat diletakkan di sepanjang alur bila alurnya panjang. Kapal diharapkan dapat bermanuver dengan kecepatan rendah (mendekati nol) atau dipandu. Areal yang disediakan dibatasi dengan bentuk lingkaran berdiameter Db . Sedangkan kedalaman perairan dapat disamakan dengan alur masuk.

$$Db = 2 * LOA \text{ (kapal bermanuver dengan dipandu)}$$

$$Db = 4 * LOA \text{ (kapal bermanuver tanpa bantuan pandu)}$$

- Kolam Dermaga (Basin)

Kolam dermaga berada di depan dermaga dan luasan ini perlu ditentukan bila kedalaman perairan perlu dilakukan

pengerukan. Secara keseluruhan ukuran kolam dermaga dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 1.25 * LOA \text{ (bila dengan dibantu kapal pandu)} \\ &= 1.50 * LOA \text{ (bila tanpa dibantu kapal pandu)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= 4 * B + 50 \text{ m, 1 dermaga berhadapan} \\ &= 2 * B + 50 \text{ m, } > 1 \text{ dermaga berhadapan} \\ &= 1.25 * B + 50 \text{ m, dermaga bebas} \end{aligned}$$

- Kedalaman Kolam Dermaga

Kedalaman Perairanyang direncanakan harus lebih dalam dari draft penuh kapal terbesar, ditambah kedalaman untuk gerakan akibat gelombang dan angin maupun arus serta squad dan trim sebagai konsekuensi pergerakan kapal, serta untuk ketidakraturan kedalamanperairan dan kondisi tanah dasar laut. Untuk kemudahan penentuan dalam menentukan kedalaman perairan dapat digunakan aturan sebagai berikut :

- Perairan Tenang = $1,1 * \text{draft kapal}$
- Perairan terbuka = $1,2 * \text{draft kapal}$

2.3.2 Evaluasi Layout Daratan

Jetty yang direncanakan meliputi fasilitas dermaga seperti *unloading platform*, *mooring* dan *breasting dolphin* serta *trestle*. adapun evaluasi dari layout daratan adalah sebagai berikut :

- Elevasi Dermaga

Evaluasi dermaga dipengaruhi oleh besarnya beda pasang surut. Elevasi dermaga dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$El = \text{Beda pasut} + (0.5 \sim 1.5)$$

- Kebutuhan Ukuran Dermaga

Dimensi dari *loading platform* ditentukan dari ukuran dan jarak dari peralatan diatasnya berupa *Marine Loading Arm (MLA)*, *gangway tower*, *monitor tower* dan *jib crane*. Dimensi dari *Loading Platform* disesuaikan dengan peralatan utilitas yang ada diatasnya.

- Loading Platform

Loading Platform adalah bagian dermaga berupa pelat sebagai tempat peralatan bongkar-muat seperti *marine loading arm, jib crane dan gangway*. Serta peralatan keselamatan seperti *fire monitor tower, tower gangway*, serta *service area* dan peralatan lainnya. Dimensi utama dari *loading platform* ditentukan oleh jarak yang dibutuhkan *marine loading arm*. Jarak minimum antar *Marine loading arm* adalah 3 - 4.5 m.

- Mooring Dolphin

Mooring Dolphin adalah bagian struktur dermaga minyak untuk menahan gaya tarikan kapal / mengikat kapal. *Mooring Dolphin* harus ditempatkan berjarak 35 – 50 m dari *centreline* kapal terbesar. Penempatan *Mooring Dolphin* harus diatur sedemikian rupa sehingga sudut horizontal yang dibutuhkan oleh tali tidak melebihi ketentuan yang berlaku. Jarak antar *Mooring Dolphin* ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\text{Outer} &= 1.35 \text{ LOA Kapal terbesar} \\ \text{Inner} &= 0.80 \text{ LOA Kapal terbesar}\end{aligned}$$

- Breasting Dolphin

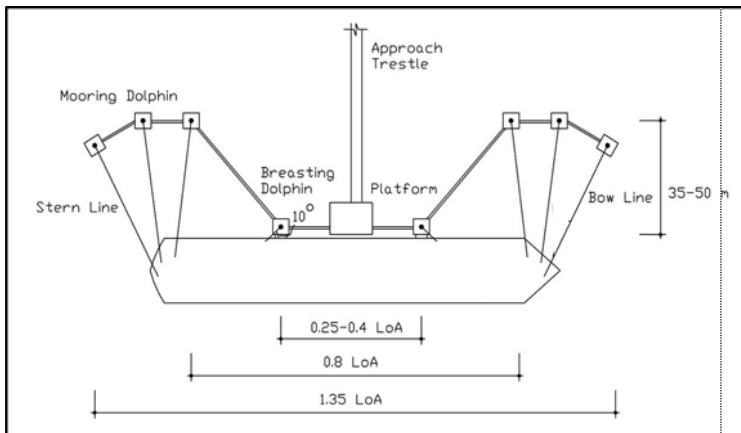
Breasting Dolphin adalah bagian struktur dermaga minyak untuk menyerap energi kinetic kapal yang bersandar, memegang kapal, mengikat *surface line* kapal. *Breasting Dolphin* harus bersifat fleksibel karena harus mampu menyerap EK kapal. Jarak antar *Breasting Dolphin* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\text{Outer} &= 0.25 - 0.40 \text{ LOA Kapal terbesar} \\ \text{Inner} &= 0.25 - 0.40 \text{ LOA Kapal terkecil}\end{aligned}$$

Pengaturan mooring dan breasting dolphin sebagai berikut (lihat Gambar 2.3):

- Mooring layout harus simetri
- Sudut horizontal mooring line pada bow dan stern tidak lebih dari 45^0
- Sudut horizontal Breast mooring line tidak lebih dari 15^0

- Sudut vertical Spring mooring line tidak lebih dari 10^0
- Sudut vertical mooring line tidak lebih dari 30^0
- Mooring line untuk gaya lateral tidak dikumpulkan pada bow dan stern saja
- Loading platform ditempatkan agak kebelakang agar tidak terkena tumbukan kapal
- Jumlah Mooring Dolphin ditentukan dari jumlah bollard yang dibutuhkan
- Jarak Breasting Dolphin tergantung dari selisih panjang antara kapal terbesar dan terkecil, apabila masih dalam range yang ditentukan boleh dipakai dua Breasting Dolphin saja.



Gambar 2.3 – Ketentuan jarak bentang *mooring* dan *breasting dolphin*

- Catwalk

Struktur *catwalk* adalah salah satu fasilitas dari dermaga *dholpin* yang berfungsi penghubung antaradermaga (*loading platform*) dengan *breasting dholpin*, penghubung antara *mooring* dengan *breasting dholpin*, serta penghubung antar *mooring dholpin*.

Dalam tugas akhir ini direncanakan *catwalk* dengan profil *Circula Hollow Section (SHC)* dengan beberapa pertimbangan, diantaranya :

- Fabrikasi *Hollow Section* mudah dibentuk sesuai permintaan
- Penampang bulat sehingga lebih elastis

Perencanaan Catwalk terdiri dari kontrol – kontrol profil baja dan perhitungan perencanaan sambungan. Berikut perhitungan Catwalk:

a. Kontrol Buckling

$$\lambda = D/t$$

$$\lambda_p = 0.00448 E/f_y$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

Kontrol kelangsingan komponen

$$\lambda = l/r < 200 \text{ (OK)}$$

b. Kontrol kuat leleh

$$\Phi P_n = 0.9 A_g f_y$$

c. Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g$$

$$\Phi P_n = 0.75 A_e f_u$$

Kuat rencana tarik adalah kuat minimum dari kuat leleh dan putus dan harus lebih besar dari $P_{\text{tarik actual}}$

d. Kontrol Momen

S_x = modulus penampang plastis

$$= D^2 t - 2 D t^2 + 4/3 t^3$$

$Z_{x,y}$ = modulus penampang elastis

$$= (\pi/32 D)(D^4 - 2(D^2 - 2t)^4)$$

$$M_n = S_{x,y} \cdot f_y$$

$$M_n = Z_{x,y} \cdot 1.5 f_y$$

Dimana M_n diambil yang terkecil dan harus lebih besar dari M_{actual}

e. Kontrol Gaya Tekan (Axial Force)

$$\lambda_r = 0.114 \sqrt{E/f_y}$$

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$F_{cr} = Q(0.658^{Q\lambda_c^2})f_y$$

$$P_n = 0.85 F_{cr} \times A_g$$

$$P_n > P_{actual} \dots \text{Ok}$$

f. Kontrol Geser Bahan (Shear Force)

$$V_n = 0.9 F_{cr} \times A_g / 2$$

$$V_n > V_{actual} \dots \text{Ok}$$

g. Kontrol Tegangan Bahan (Yield Strength)

$$\sigma_{aktual} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{ijin} > \sigma_{aktual} \dots \text{Ok}$$

h. Kontrol Lendutan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{180}$$

$$\Delta_{ijin} > \Delta_{aktual} (\text{Ok})$$

i. Perencanaan Las

Las adalah penyatuan dari dua macam logam. Las yang digunakan dalam perhitungan ini adalah las sudut. Mutu las tergantung detail cara melas dan keahlian tukang las. Keuntungan sambungan las yaitu hemat bahan baja, pengerjaan yang cepat, dan bentuk lebih bagus.

Kekuatan sambungan las

pada umumnya dipakai mutu kawat las \geq mutu baja

Bahan Las : F_{EXX}

$F_{E60XX}, F_{E70XX}, F_{E80XX}, F_{E90XX}, F_{E100XX}, F_{E110XX}$

E – Elektrode Kekuatan tarik ini (KSI) ($70,3 \text{ kg/cm}^2$)

Digit dibelakangnya xx, menunjukan tipe coatingnya.

Kekuatan nominal las sudut persatuan panjang :

Kuat nominal las : $R_n = 0,6 f_u t_e$

Kuat nominal logam dasar : $R_n = 0,6 f_u t$

Kuat Sambungan : $R_u = \phi R_n \quad \phi = 0,75$

2.4 Perhitungan Perencanaan Fender dan Bollard

2.4.1 Fender

Fender merupakan system konstruksi yang dipasang di depan konstruksi dermaga. Berfungsi sebagai peredam energi akibat tumbukan kapal pada waktu merapat ke dermaga. Yang harus dilakukan dalam perencanaan fender adalah : gaya horisontal yang harus mampu ditahan oleh bangunan dermaga, penentuan ukuran fender/pemilihan tipe fender berdasarkan gaya tersebut, dan cara pemasangan fender baik arah vertikal maupun arah horisontal (lihat Gambar 2.4).

$$Ef = C_H \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot W_S \cdot V^2 \right) / g [\text{ton} - m]$$

Dimana :

CH = Koefisien massa hydrodinamis merupakan faktor untuk memperhitungkan besarnya massa air yang bergerak di sekeliling kapal dan massa air ini menambah besar massa kapal yang merapat

$$C_H = 1 + \frac{2\pi \cdot D}{2C_b \cdot B} \approx 1 + \frac{2D}{B}$$

CE = Koefisien eccentricity merupakan koefisien perbandingan antara energy yang tersisa akibat merapatnya kapal terhadap energy kinetik waktu merapat

$$C_E = 1 + \frac{1}{1 + (\ell / r)^2}$$

CC = Adalah koefisien untuk konfigurasi struktur tambatan dalam rangka memperhitungkan adanya efek bantalan air. Efek ini timbul karena adanya massa air yang terjepit antara posisi kapal merapat dengan tambatan.

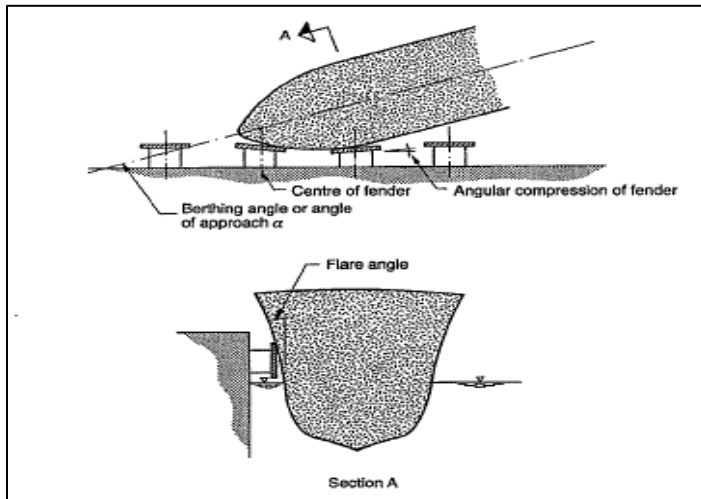
$C_C = 0,8$ untuk kade, wharf

$C_C = 1$ untuk jetty, open pier.

CS = Softness Coefficient. = 1,0 (tidak ada deformasi).

V = Kecepatan kapal waktu merapat

WS = Displacement Tonage.



Gambar 2.4 - Posisi kapal saat membentur fender
(Sumber: *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 1991*)

Pemilihan type fender disesuaikan dengan gaya E_f dan gaya reaksi (F) yang harus ditahan oleh bangunan. Pemasangan fender terdapat dua cara yaitu :

- a. Arah Vertikal, dipasang agar kapal rendahpun dapat merapat mengenai fender.

- b. Arah Horizontal, harus sesuai dengan radius “bow” dari kapal dan tidak ada badan kapal yang menyentuh dermaga. Jarak horizontal pemasangan fender dapat dilihat berdasarkan kedalaman perairanannya yang dapat kita hitung dengan rumus berikut :

$$L = 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2}$$

Dimana : L = Jarak maksimum antar fender (m)

H = Tinggi efektif fender saat terjadi absorpsi energy (m)

r = Radius tekukan dari buritan (bow) kapal

2.4.2 Bollard

Bollard merupakan konstruksi untuk mengikat kapal pada tambatan. Posisi pengikat Bollard terdapat di sekitar ujung depan (bow) dan di ujung belakang (stern). Gaya tarik akibat kapal diambil sebesar *Minimum Breaking Line* (MBL) tali pada kapal yang ditinjau. Besaran minimum MBL pada berbagai jenis dan ukuran kapal dapat kita lihat pada (Tabel 2.4) berikut ini :

Tabel 2.4 - Peraturan ISO mengenai jumlah, kekuatan winch dan tali pada kapal

Number of Winches	Nominal Size (tonnes)	Drum Load (Kn)	Holding Load (Kn)	Design Rope Diameter (mm)	MBL	Approximate Ship Size Range	
						Conventional Ships, Tankers, Bulk Carriers, etc.	Special Ships with Large Wind Area. Containers, RoRo, Passenger, etc.
4	12	120	310	26	378	8000	5000
4	16	160	470	32	573	15000	8000
6	16	160	470	32	572	25000	12000
6	20	200	590	36	725	35000	20000
6	25	250	730	40	895	50000	30000
6	32	315	880	44	1080	65000	45000
6	40	400	1050	48	1290	80000	60000
6	50	500	1280	51	1590	110000	85000
6	64	640	1560	57	1980	150000	120000
6	80	800	1940	64	2420	210000	
6	100	1000	2430	77	3400	300000	

Dari Tabel 2.4 didapat nilai dari MBL kapal yang ditinjau. Jika MBL telah didapatkan maka perlu dicari besaran dari Safe Working Load (SWL) yang besarnya 55% dari MBL, dan Proof Load (PL) yang besarnya 1.5 SWL. Dengan mendapatkan nilai SWL maka kita dapat menentukan tarikan maksimum yang dihasilkan dari kapal. Penambahan angka safety factor untuk tali dengan nilai 1.5, maka perhitungannya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{SWL} &= 55\% \cdot \text{MBL} \\ \text{PL} &= 1,5 \cdot \text{SWL}\end{aligned}$$

2.5 Pembebanan

2.5.1 Beban Vertikal

Beban vertikal dermaga terdiri dari :

- **Beban Mati (Beban Sendiri Konstruksi)**
Beban mati adalah berat sendiri dari komponen struktur yang secara permanen dan konstan membebani selama waktu hidup konstruksi. Komponen-komponen tersebut diantaranya balok, poer, fender, bolder dan fasilitas –fasilitas lainnya .
- **Beban Hidup Merata Akibat Muatan**
Beban hidup merupakan beban yang terjadi akibat muatan yang dianggap merata di atas dermaga. Beban hidup terbagi rata bisa berupa beban air hujan dan beban pangkalan
- **Beban Hidup Terpusat**
Beban hidup terpusat yang terjadi pada struktur dermaga merupakan beban akibat alat yang besarnya ditentukan berdasarkan peralatan yang akan digunakan di atas dermaga tersebut dan harus diposisikan sedemikian rupa sehingga menghasilkan kondisi pembebanan yang paling kritis.

2.5.2 Beban Horizontal

- **Gaya Akibat Tumbukan Kapal (Gaya Fender)**
Gaya fender yang terjadi saat kapal sedang merapat berupa gaya pukul kapal pada fender akibat kecepatan pada saat merapat, serta akibat pergoyangan kapal oleh gelombang dan

angin. Energi ini kemudian diabsorpsi dan ditransfer menjadi gaya horisontal tekan yang harus mampu ditahan oleh bangunan dermaga. Hubungan antara gaya dan energi benturan tergantung pada tipe fender yang digunakan.

- Gaya Tarikan Kapal

Gaya tarik yang bekerja pada saat kapal sedang bertambat sangat berpengaruh pada stabilitas struktur dermaga karena adanya gaya yang cukup besar. Beban tarik ini akan ditahan oleh struktur bollard yang didisain untuk menahan gaya tarikan akibat kapal, angin dan arus. Gaya tarik bollard diambil yang terbesar dari :

1. Kekuatan bollard yang dipakai yang besarnya ditentukan oleh ukuran kapal yang bertambat (lihat pada pembahasan Bollard).
2. Total dari gaya angin dan gaya arus yang bekerja pada badan kapal.

- Gaya Akibat Arus

Tekanan akibat arus pada kapal yang tertambat

$$P_C = \frac{C_C \times \gamma_C \times A_C \times V_C^2}{2g}$$

Dimana :

γ_C = Berat jenis air laut (=1,025 t/m³)

A_C = Luasan kapal di bawah permukaan air (m²)

V_C = Kecepatan arus (m/dt) (lihat Gambar 2.5)

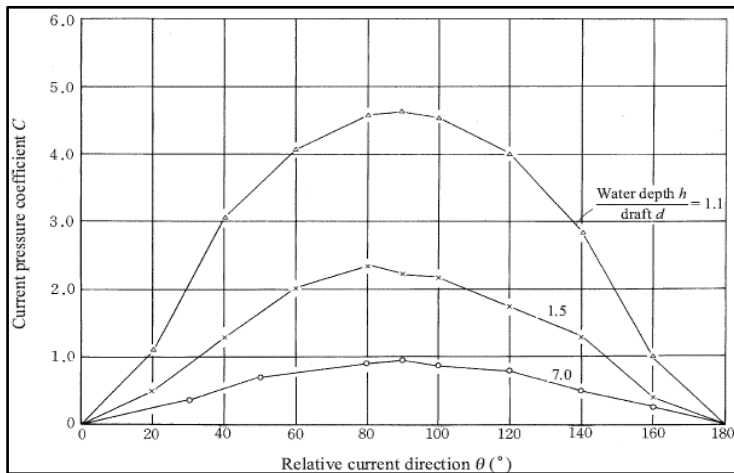
C_C = Koefisien arus

= 1-1,5 (untuk perairan dalam)

= 2 (untuk kedalaman perairan=2xdraft kapal)

= 3 (untuk kedalaman perairan=1,5xdraft kapal)

= 6 (kedalaman perairan mendekati draft kapal)



Gambar 2.5 - Koefisien Kuat Arus

(Sumber : *Technical Standard for Port and Harbour Facilities in Japan, 1991*)

- Tekanan Angin

Tekanan angin pada badan kapal yang ada di atas air dihitung dengan rumus :

$$P_W = C_W (A_W \sin \phi + B_W \cos \phi) \frac{V_W^2}{1600}$$

Dimana :

P_W = Tekanan angin pada kapal yang bertambat

C = Koefisien tekanan angin (lihat Gambar 2.6)

Angin melintang $\rightarrow C_W = 1,3$

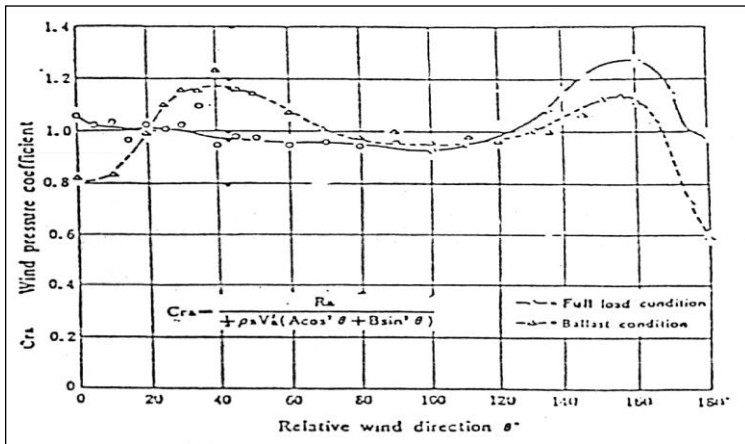
Angin dari belakang $\rightarrow C_W = 0,8$

Angin dari depan $\rightarrow C_W = 0,9$

A_W = Luasan proyeksi arah memanjang (m^2)

B_W = Luasan proyeksi arah muka (m^2)

ϕ = Sudut arah datangnya angin terhadap centerline
 V_w = Kecepatan angin (m/s)



Gambar 2.6 - Koefisien Tekanan Angin

(Sumber : *Technical Standard for Port and Harbour Facilities in Japan, 1991*)

- **Beban Gempa**
 Dengan menggunakan program bantu SAP 2000 perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spektrum menurut SNI 03-1726-2012.

2.6 Perhitungan Struktur Dermaga

2.6.1 Perhitungan Struktur Atas

Perencanaan struktur atas terdiri dari perencanaan Pelat, balok memanjang, balok melintang dan poer. Struktur dermaga direncanakan menggunakan program bantu SAP 2000 dan perhitungam tulangan menggunakan PBI71. Berikut penjelasan mengenai perhitungan struktur atas:

- Perhitungan Pelat

Pelat direncanakan menerima beban mati dan beban hidup. Pertama hitung pembebanan pada pelat. Kombinasikan pembebanan yang digunakan berdasarkan PBI'71 . Didapat q yang nantinya digunakan untuk menganalisa gaya – gaya dalam yang terjadi pada pelat. Perletakan diasumsikan jepit penuh (lihat Gambar 2.7).

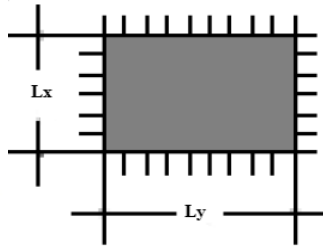
Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M_{tx} = - 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_x$$

$$M_{lx} = + 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_x$$

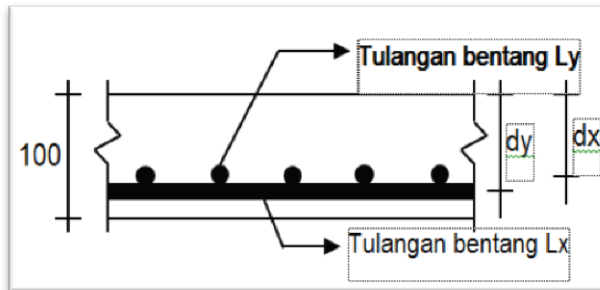
$$M_{ty} = - 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_y$$

$$M_{ly} = + 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_y$$



Gambar 2.7 - Pelat Tipe Jepit Penuh
(PBI '71)

Pelat dengan jepit penuh maka didapat momen yang nantinya dipakai untuk mencari tulangan pada pelat (lihat Gambar 2.8). Perhitungan tulangan didapat seperti berikut :



Gambar 2.8 - Penampang Pelat
(PBI '71)

Tinggi manfaat:

$$dx = t_{\text{pelat}} - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing$$

$$dy = t_{\text{pelat}} - \text{decking} - \varnothing - \frac{1}{2} \varnothing$$

- Perhitungan penulangan

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' \times a}}}$$

Dengan menggunakan nilai $\delta = 0$ dan Ca hasil perhitungan dari tabel $n - \text{lentur}$ didapat nilai Φ dan $100n\omega$

Tulangan tarik

$$As = \omega b h$$

As_{perlu} ini yang nantinya menentukan jumlah tulangan yang didapat.

- Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik.

- Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6}$$

Dimana:

W = lebar retak (cm)

α = koefisien yang bergantung pada jenis batang tulangan, 1.2 batang polos dan 1 untuk batang yang diprofilkan

c = tebal penutup beton (cm)

d = diameter batang polos atau pengenal (cm)

σ_a = tegangan baja yang bekerja ditempat yang retak (kg/cm^2)

A = luas tulangan tarik (cm^2)

B = lebar balok (cm)

h = tinggi manfaat balok (cm)

y = jarak garis netral terhadap sisi yang tertekan (cm)

Bt = luas penampang beton yang tertarik (cm^2)

Ketentuan koefisien C_3 , C_4 dan C_5 lihat Tabel 2.5 di bawah

Tabel 2.5 - Koefisien perhitungan lebar retak

Uraian	ω_p	C_3	C_4	C_5
Balok persegi dan balok T yang mengalami lentur murni	$\frac{A}{b_o h}$	1,50	0,04	7,5
Balok persegi dan balok T yang mengalami lentur dengan gaya normal tekan.	$\frac{A}{b(h-y)}$	1,50	0,07	12
Bagian-bagian konstruksi yang mengalami tarik aksial.	$\frac{A}{B_t}$	1,50	0,16	30

(sumber : PBI 1971)

- Perencanaan Balok

Balok memanjang diasumsikan menumpu diatas balok melintang. Balok memanjang biasanya letaknya sejajar dan ukurannya dibuat sama dengan balok melintang. Penentuan momen dan gaya lintang pada balok dapat menggunakan hasil perhitungan SAP 2000 atau software lain atau dapat juga

ditentukan berdasarkan balok menerus. Dengan menerapkan beberapa kombinasi pembebanan sesuai kondisi masing – masing dermaga, akan diperoleh hasil pada setiap sambungan selanjutnya pilih kombinasi yang memiliki hasil maksimum untuk yang dipakai sebagai dasar perhitungan kebutuhan tulangan.

- Perhitungan penulangan

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}}$$

Dengan menggunakan nilai $\delta = 0,4$ dan Ca hasil perhitungan dari tabel n – lentur didapat nilai Φ dan $100n\omega$

Tulangan tarik

$$As = \omega b h$$

As_{perlu} ini yang nantinya menentukan jumlah tulangan yang didapat.

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As$$

Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

- Kontrol Retak

Perhitungan menggunakan rumus yang sama seperti pada kontrol retak Pelat.

- Kontrol Dimensi Balok

- menghitung tegangan geser beton dengan rumus

$$\tau_b = \frac{V}{b \cdot \frac{7}{8} \cdot h}$$

- Untuk $ht > b$

$$\psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{ht}{b}}$$

ψ

= koefisien untuk menghitung tegangan geser punter

Tegangan geser puntir beton pada penampang balok persegi di tengah - tengah tepi penampang yang vertikal (PBI '71 Pasal 11.8.1) :

$$\tau'_b = \frac{\psi \cdot T}{b^2 \cdot ht}$$

$$\tau_{bm} = 1,62\sqrt{fc'}$$

$$\tau_b + \tau'_b$$

$$\tau_b + \tau'_b < \tau_{bm} \quad \dots \text{Ok}$$

- Perhitungan tulangan geser balok
 - Menentukan besarnya gaya lintang yang bekerja pada tumpuan.
 - Menghitung tegangan beton ijin berdasarkan PBI '71 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :
 - Untuk pembebanan tetap :

$$\tau'_{bm-t} = 1.35\sqrt{\sigma'bk}$$
 - Untuk pembebanan sementara :

$$\tau'_{bm-s} = 2.12\sqrt{\sigma'bk}$$

Menghitung tegangan geser lentur beton akibat beban kerja di tengah-tengah tinggi penampang dengan rumus sebagai

$$\tau_b = \frac{D}{7}$$

Dimana $b \times \frac{8}{h}$

τ_b = tegangan geser beton

D = gaya lintang

Diperlukan tulangan geser jika

$$\left. \begin{array}{l} \tau_b < \tau'_{bm-t} \\ \tau_b < \tau'_{bm-s} \end{array} \right\} \text{Ok, diperlukan sengkang!}$$

Menghitung jarak tulangan sengkang:

$$as = \frac{As \times \sigma_a}{\tau_s \times b}$$

- Panjang tulangan penyaluran

Untuk *tulangan tarik*, berdasarkan PBI'71 pasal 8.6.2 ditetapkan sebagai berikut untuk tulangan ulir:

$$L_d = 0,07 \frac{A \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma_{bk}'}} \geq 0,0065 \cdot d_p \cdot \sigma_{au}$$

Untuk *tulangan tekan*, berdasarkan PBI'71 pasal 8.7.2 ditetapkan sebagai berikut untuk tulangan ulir:

$$L_d = 0,09 \frac{d \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma_{bk}'}} \geq 0,005 \cdot d_p \cdot \sigma_{au}$$

- Perencanaan Poer (pile cap)

Struktur ini berfungsi sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok memanjang maupun melintang. Struktur ini adakalanya tidak dipasang, jadi tiang pancang langsung bersambung ke balok di atasnya, untuk itu harus dipastikan balok cukup kuat menahan gaya tekan dan momen yang terjadi serta pelaksanaan di lapangan memungkinkan. Bila digunakan *poer* ukurannya harus memenuhi syarat bagi jumlah tiang pancang yang akan dipasang di bawahnya. Disarankan jarak tepi *poer* terhadap tepi luar tiang minimal 15 cm sebagai ruang untuk selimut beton (7 cm) ditambah 4 kali diameter tulangan ditambah jarak untuk beton pengisi minimal 4 cm.

Perhitungan tulangan *poer* tergantung dari perbandingan tinggi dengan panjang apabila nilai lebih dari 0,4 *poer* didesain sebagai balok sedangkan kurang dari 0,4 *poer* didesain sebagai pelat. Perhitungan menyesuaikan desain balok atau pelat kontrol – control mengikuti.

- Perencanaan Dolphin

Perhitungan tulangan *Dolphin* tergantung dari perbandingan tinggi dengan panjang apabila nilai lebih dari 0,4 *poer* didesain sebagai balok sedangkan kurang dari 0,4 *poer* didesain sebagai pelat. Perhitungan menyesuaikan desain balok atau pelat untuk kontrol – kontrol mengikuti.

2.6.2 Perhitungan Struktur Bawah

- Perhitungan Daya Dukung Tanah

Pada perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode *Luciano Decourt*.

$$Q_l = Q_p + Q_s$$

Dimana :

Q_l = daya dukung tanah maksimum (ton)

Q_p = resistance ultime di dasar pondasi (ton)

Q_s = resistance ultime akibat lekatan lateral (ton)

$$Q_p = \alpha \cdot q_p \cdot A_p = \alpha \cdot (N_p \cdot k) \cdot A_p$$

Dimana :

α = base coefficient (terdapat pada Tabel 2.6)

N_p = harga rata-rata SPT sekitar 4B diatas dan dibawah dasar tiang

K = koefisien karakteristik tanah

12 t/m² = untuk lempung

20 t/m² = untuk lanau berlempung

25 t/m² = untuk lanau berpasir

40 t/m² = untuk pasir

A_p = luas penampang dasar tiang (m²)

Q_p = tegangan ujung tiang (t/m²)

$$Q_s = \beta \cdot q_s \cdot A_s = \alpha \cdot (N_s/3+1) \cdot A_s$$

Dimana:

β = shaft coefficient (terdapat pada Tabel 2.6)

q_s = tegangan akibat lekatan lateral (t/m²)

N_s = harga N rata sepanjang tiang tertanam, dengan batasan :
3 < N < 50

A_s = luas selimut tiang yang terbenam (m²)

Tabel 2.6 - Nilai α dan β

Pile/Soil	Clay		Intermediate Soil		Sands	
	α	β	α	β	α	β
1. Driven Pile	1	1	1	1	1	1
2. Bored Pile	0,85	0,80	0,60	0,65	0,50	0,50
3. Injected Pile	1	3	1	3	1	3

(sumber : Luciano de Court handbook)

- Titik jepit tiang

Posisi titik jepit tiang dari permukaan tanah (Z_f) untuk *normally consolidated clay* dan *granular soil* adalah 1.8 T, di mana T adalah faktor kekakuan yang dihitung sebagai berikut:

$$T = \sqrt[5]{EI/nh}$$

Dimana :

nh = untuk cohesionless soil diperoleh dari Terzaghi, sedangkan untuk normally consolidated clays = 350 s/d 700 KN/m³ dan soft organic silts = 150KN/m³.

E = modulus elastisitas Young yang tergantung dari bahan tiang pancang

I = momen inersia dari penampang tiang pancang

- Kalendering

Perumusan kalendering yang dipakai perumusan *Alfred Hiley Formula (1930)*, sebagai berikut :

$$Q_u = \frac{\alpha.W.H}{S + 0,5.C} \times \frac{W + n^2.W_p}{W + W_p}$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai S atau penetrasi/blow, yaitu

pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set terakhir, dengan 10 pukulan tiap setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama $S > S'$, maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

Q_u = bearing capacity of pile (ton)

α = efisiensi hammer

2,5 untuk hidrolik hammer

1,0 untuk disel hammer

0,75 untuk drop hammer

W = berat hammer ($K25 = 2,5 \text{ T}$; $K35 = 3,5 \text{ T}$)

W_p = weight of pile (ton)

H = tinggi jatuh hammer (1,9 m s/d. 2 m untuk kondisi normal). Untuk kondisi khusus seperti *diesel hammer*, nilai H dikalikan 2 ($2H$)

n = Coeffisien of restitution

0,25 untuk tiang kayu/beton

0,4 untuk tiang beton tanpa *cap*

0,55 untuk tiang baja tanpa *cushion*

S = pile penetration for last blow (cm/blow)

Pengamatan biasanya dilakukan rata – rata di 3 set terakhir dengan 10 pukulan setiap setnya.

C = total temporary compression (mm)

$C = C_1 + C_2 + C_3$

C_1 = kompresi sementara dari *cushion* yang mana menurut BSP adalah :

- Hard cushion = 3mm

- Hard cushion + packing, soft cushion = 5mm

- Soft cushion + packing = 7mm

C_2 = kompresi sementara dari tiang

$$= \frac{Q_u \cdot L}{A_p \cdot E_{pile}}$$

Untuk tiang beton:

400 od = 9mm s/d 12mm

500 od = 10mm s/d 14mm

Untuk tiang baja:

500 od = 7mm s/d 11mm

600 od = 8mm s/d 12mm

C_3 = kompresi sementara dari tanah, dimana nilai nominal = 2,5 mm

Tanah keras (SPT > 50) : 0-1 mm

Tanah sedang (SPT 20-30) : 2-3 mm

Tanah lunak (SPT 10-20) : 4-5mm

Berdasarkan pengalaman yang sudah ada, harga C dari diesel hammer K35 adalah:

Bila $S > 1\text{ cm} \rightarrow C = 1\text{ cm}$

Bila $S = 0,6 - 1\text{ cm} \rightarrow C = 1,2 - 1,8\text{ cm}$

Bila $S = 0,2 - 0,5\text{ cm} \rightarrow C = 1,6 - 2,2\text{ cm}$

- Kontrol Kuat Bahan

Kontrol kekuatan bahan dilakukan dengan mengecek besarnya momen yang terjadi pada tiang pancang harus lebih kecil dari pada momen Crack bahan. Momen pada tiang pancang didapatkan dari perhitungan SAP sedangkan momen crack bahan didapatkan dari spesifikasi bahan oleh pabrik:

$$M_{\text{tiang pancang}} < M_{\text{crack}}$$

- Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

Tiang pancang dicek kekuatannya pada saat berdiri sendiri, khususnya terhadap frekuensi gelombang (ω). Frekuensi tiang (ω_t) harus lebih besar dari frekuensi gelombang supaya tiang

tidak bergoyang dan patah. Frekuensi tiang pancang dihitung dengan rumus berikut ini

$$\omega t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wl^2/g}}$$

Dimana:

- ωt = frekuensi tiang
- w = berat tiang pancang (kg)
- l = tinggi tiang di atas tanah
- g = gravitasi (m/s^2)

Dimana :

- P_{cr} = daya dukung tiang kritis
- e = jarak lateral load dengan muka tanah (m)
- Z_f = posisi titik jepit tanah terhadap sebuah tiang (m)
- I_{min} = momen Inersia minimum tiang (m^4)

- Kontrol Tiang Pancang Terhadap Korosi

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang dapat terjadi pada tiang pancang. Terutama saat tiang pancang berada di pantai/laut lepas. dalam perencanaan ini, korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan yang digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi setebal 3 mm. dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun.

BAB III

PENGUMPULAN DATA DAN ANALISA

3.1 Umum

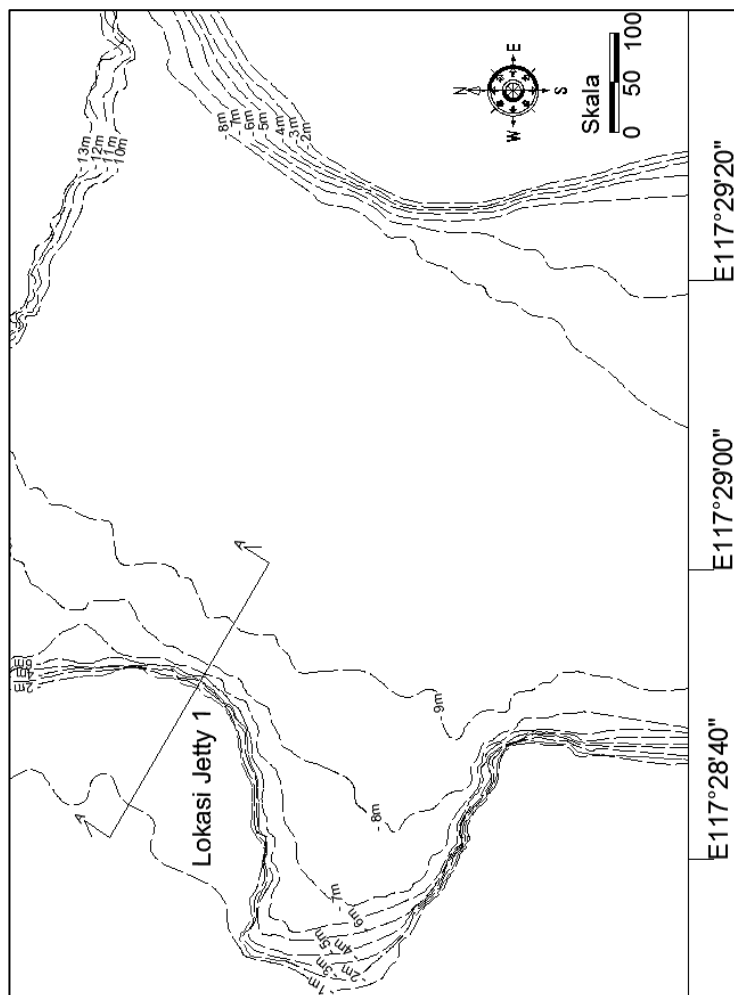
Dalam perencanaan dermaga kapal 17.000 ini diperlukan pengumpulan data dan analisis , data-data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data sekunder yang didapat dari berbagai sumber ,diantaranya: data bathymetri, pasang surut, arus dan data tanah. Data – data ini didapatkan dari salah satu dokumen milik LPPM – ITS yang berjudul *Site Assessment*, Penyusunan lingkup kerja dan estimasi biaya untuk *offshore development* kilang Bontang.

3.2 Bathymetri

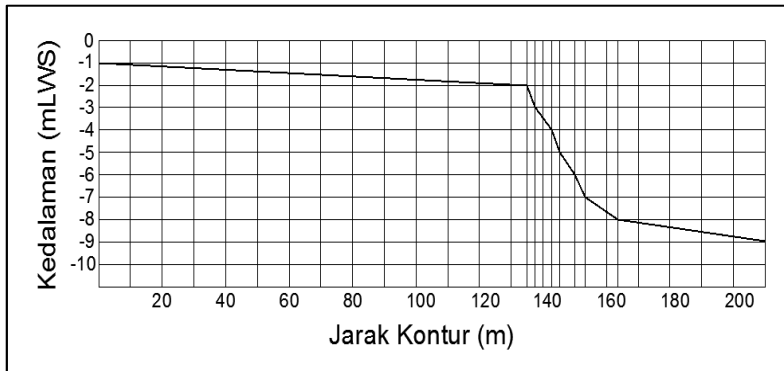
Bathymetry merupakan kontur permukaan tanah yang berada di dasar laut yang diukur dari kedalaman 0,00 mLWS. Penjelasan lebih dalam sudah dibahas pada **sub bab 2.2.1**. Peta bathymetri yang digunakan adalah peta hidral perairan PT Badak NGL yang didapat dari DISHIDROS no. 41 tahun 2004.

Hasil analisa data bathimetry

Dari data yang didapat, diketahui bahwa kondisi kedalaman perairan untuk basin/kolam dermaga hanya -2 m, sedangkan kedalaman untuk bertambat kapal yang diperlukan adalah -8 m. Maka dari itu perlu dilakukan pengerukan pada bagian kolam dermaga agar sesuai dengan kebutuhan kapal yang akan bersandar. Peta bathimetry dan potongan A-A dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



Gambar 3.1 – Peta Bathimetry di lokasi Jetty 1
(*DISHIDROS TNI – AL no. 41 tahun 2004*)

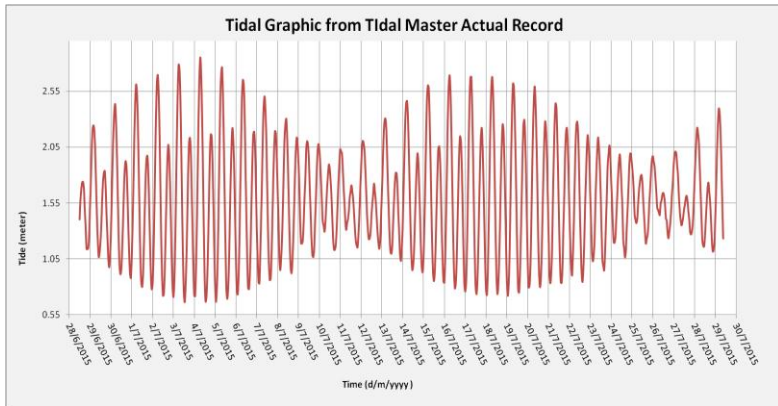


Gambar 3.2 – Potongan A-A Peta Bathymetri

3.3 Pasang surut

Pasang Surut adalah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh adanya pengaruh gaya tarik Matahari terhadap Bumi dan terhadap Bulan. Penjelasan tentang pasang surut dapat dilihat pada **sub bab 2.2.3**.

Data yang didapat untuk pasang surut sendiri berasal dari survey dengan alat TideMaster Actual Record yang dianalisa oleh T-Tide selama 32 hari pengamatan yaitu dari tanggal 28 Juni 2015 sampai 30 Juni 2015 yang dilakukan oleh DISHIDROS TNI – AL. Hasil pengukuran pasang surut lihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 - Grafik Pasang Surut
(Sumber: DISHIDROS TNI – AL)

Hasil analisa data pasang surut

Berdasarkan hasil pengamatan, dapat disimpulkan pasang surut yang terjadi di Bontang adalah sebagai berikut:

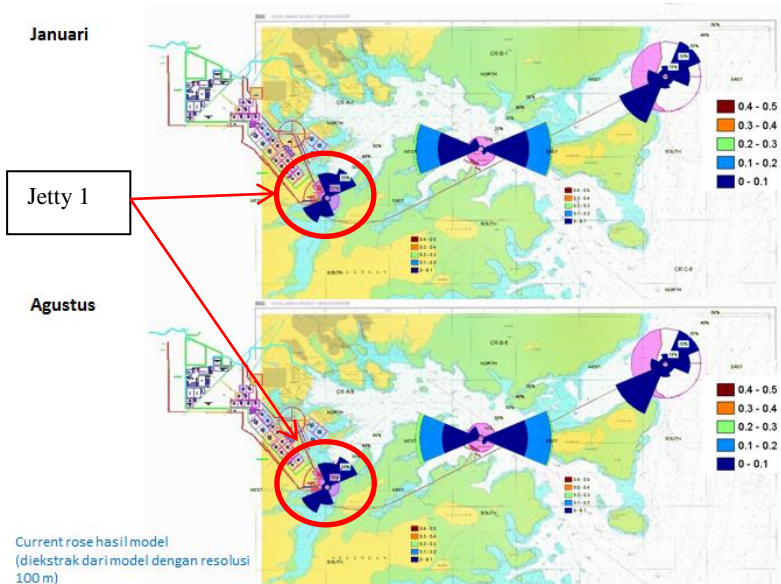
- Tipe pasang surut mixed dominantly semidiurnal tides
- Elevasi HWS (High Water Spring) pada $\pm 2,46$ mLWS
- Elevasi MSL (Mean Sea Level) pada $\pm 1,25$ mLWS
- Elevasi LWS (Low Water Spring) pada $\pm 0,00$ MLWS
- Beda pasang surut **2,46 m**

3.4 Arus

Arus terjadi karena adanya perbedaan muka air, muka tanah, densitas air dan suhu antara satu lokasi dengan lokasi lainnya, sehingga perilaku arus dipengaruhi oleh pola pasang surut. Penjelasan lebih dalam mengenai arus dan pengaruhnya terhadap perencanaan dermaga dapat dilihat pada **sub bab 2.2.2.**

Data arus yang digunakan adalah hasil pengamatan dari pihak DISHIDROS yang didapat dari pihak LPPM –ITS.

Berikut adalah data arus di lokasi perencanaan jetty 1, lihat Gambar 3.4.



Gambar 3.4 - Current Rose Jetty 1
(sumber : DISHIDROS, 2010)

Hasil analisa data arus

Dari data arus bulan Januari sampai Agustus dapat disimpulkan bahwa kondisi arus secara dominan mengarah timur laut dan barat daya dengan kecepatan antara 0,00-0,10 m/dt. Dapat dipastikan bahwa data tersebut benar karena arus dominan yang ada mempunyai arah sejajar dengan garis pantai. Data tersebut menunjukkan bahwa kecepatan arus di lokasi sangat jetty 1 terbilang kecil sehingga kapal dapat bertambat dengan aman.

3.5 Tanah

Data tanah diperlukan da`lam perencanaan tiang pancang, jalan atau areal terbuka lain. Untuk perencanaan struktur tiang pancang, analisa data tanah diperlukan untuk mendapatkan daya dukung ijin terhadap kedalaman tiang.

Data penyelidikan tanah digunakan untuk merencanakan struktur bagian bawah. Data tanah didapat dari hasil laboratorium mekanika tanah dan batuan ITS.

Hasil analisa data tanah

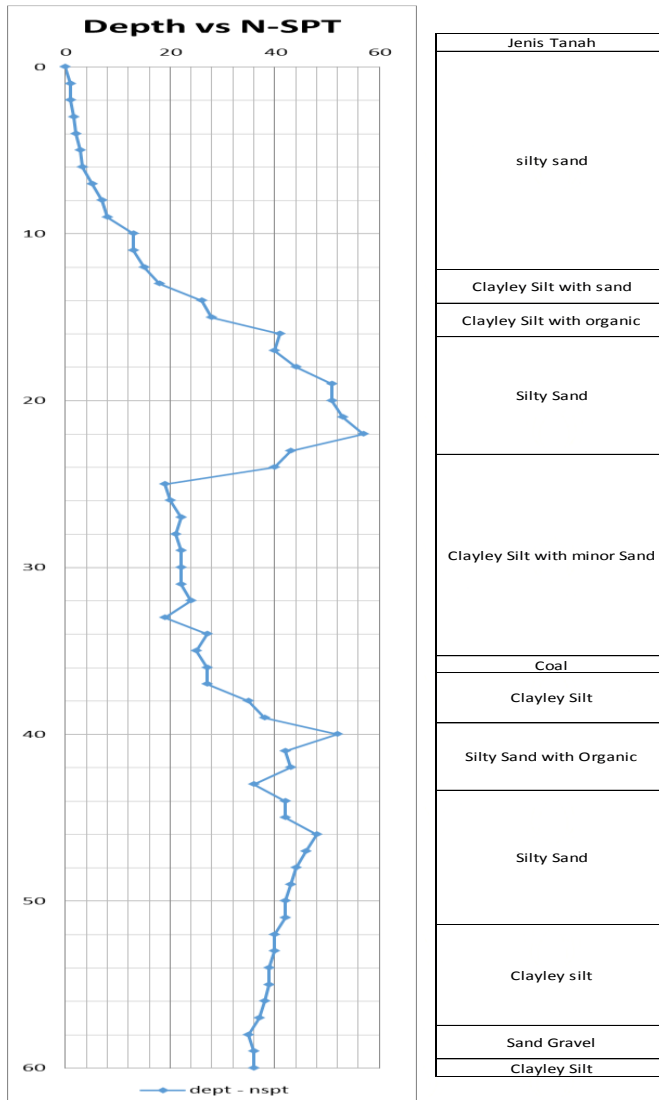
Data tanah yang didapat dari soil investigation dalam bentuk SPT dan borelog, untuk di jetty 1 sendiri digunakan data pada titik B3. Peta lokasi pengambilan data tanah dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 - Lokasi Pengambilan Data Tanah B3

(Sumber: Site Assessment, Penyusunan lingkup kerja dan estimasi biaya untuk offshore development kilang Bontang – LPPM ITS)

Untuk nilai spt dan jenis tanah dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 - Grafik Elevasi-NSPT -Jenis Tanah di B3
(sumber : *Laboratorium mekanika tanah ITS*)

Berdasarkan grafik , sampai dengan kedalaman -10 m dari *seabed* didominasi tanah berjenis *silty sand* dengan nilai spt sekitar 4-10 (*Loose*). Hubungan N-SPT dengan kerapatan relative dapat dilihat pada Tabel 3.1 .

Tabel 3.1 – Korelasi NSPT dengan kerapatan relative

State of packing	Relative Density	Standard Penetration Resistance, N blows/ft
Very loose	< 0.2	< 4
Loose	0.2 - 0.4	4 - 10
Medium Dense/ Compact	0.4 - 0.6	10 - 30
Dense	0.6 - 0.8	30 - 50
Very Dense	>0.8	> 50

(G. Meyerhoff, 1956)

BAB IV

KRITERIA DESAIN

4.1 Peraturan yang Digunakan

Dalam perencanaan dermaga pada tugas akhir ini, digunakan aturan sebagai landasan perencanaannya :

1. *Harbour Approach Channels Design Guidelines* PIANC (2014). Dipergunakan untuk menentukan ukuran kapal yang akan direncanakan.
2. *Guidelines for the design of fenders systems* PIANC (2002). Dipergunakan untuk perhitungan energi yang terjadi pada fender
3. *Technical Standard Port and Harbour Facilities in Japan* (2002). Digunakan untuk merencanakan bollard / Bollard dan menghitung energi pada fender.
4. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971). Dipergunakan untuk perhitungan detail penulangan pada poer, pelat dan balok
5. Peraturan Beton Bertulang Indonesia dengan Cara “n” (1971). Digunakan dalam perencanaan tulangan dengan memakai Perhitungan Lentur Cara “n” (Ir. Wiratman W.)
6. *Port Designer’s Handbook: Recommendations and Guidelines* (Carl A. Thoresen) dipergunakan untuk perhitungan loading platform, breasting dan mooring dolphin
7. SNI 03 - 1729 – 2002 - Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung. Digunakan dalam perhitungan catwalk.
8. SNI 03-1726-2012 Standart Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung.
9. *Oil Companies International Marine Forum* (OCIMF), (1997), “*Mooring Equipment Guidelines*” 2nd Ed, London – England
10. ISGOTT (*International Safety Guide Oil Tanker & Terminal*). “*International Safety Guide Oil Tanker & Terminal*” ; *Fourth Edition*.

4.2 Kualitas Bahan dan Material

4.2.1 Kualitas Beton

Dalam PBI 71, ketentuan mutu beton dengan kondisi beton terpapar terhadap kelembaban dan sumber klorida eksternal dari bahan kimia, garam, air asin atau dari sumber – sumber lainnya adalah sebagai berikut :

1. Kuat tekan karakteristik
 $K300 \sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$ (PBI 1971 Tabel 4.2.1)
2. Modulus tekan beton untuk pembebanan tetap

$$E_b = 6400 \sqrt{\sigma'_{bk}} \quad (\text{PBI 1971 Pasal 11.1.1})$$

$$= 6400 \sqrt{300}$$

$$= 110851,25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$
3. $n = \frac{E_a}{E_b}$ (PBI 1971 Pasal 11.1.3)

$$= \frac{2100000}{110851,25} = 18,944$$
4. σ'_b = Tegangan tekan beton akibat lentur tanpa dan atau dengan gaya normal tekan

$$= 1/3 \sigma'_{bk} \quad (\text{PBI 1971 Tabel 10.4.2})$$

$$= 1/3 \times 300 = 100 \text{ kg/cm}^2$$
5. Tebal selimut beton (decking) diambil dengan ketentuan berikut ini:
 Untuk daerah yang berbatasan langsung dengan air laut (bagian bawah struktur)
 - Tebal decking untuk pelat 7.0 cm
 - Tebal decking untuk balok 7.0 cm

4.2.2 Kualitas Baja Tulangan

Kualitas bahan baja tulangan direncanakan dengan mengacu pada PBI 1971 dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Baja tulangan yang digunakan adalah mutu baja U 32 untuk yang besar dan U 22 untuk yang kecil.
2. Tegangan leleh karakteristik = 3200 kg/cm²
3. Tegangan tarik yang diijinkan akibat beban $\sigma_a = 1850$ kg/cm² (PBI 1971 pasal 10.4.1)
4. Kekuatan tarik baja rencana $\sigma'_{au} = 2780$ kg/cm² (PBI 1971 pasal 10.4.3)
5. Modulus elastisitas $E_a = 2,1 \times 10^6$ kg/cm²

4.2.3 Tiang Pancang

Tiang pancang yang direncanakan pada dermaga curah cair ini adalah tiang pancang baja JIS A 5525 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mutu baja = BJ 50
- Kuat putus (f_u) = 5000 kg/cm²
- Kuat leleh (f_y) = 2900 kg/cm²
- Diameter = 1016 mm
- Ketebalan dinding (t) = 19 mm
- Luas penampang (A) = 595,10 cm²
- Berat (W) = 457 kg/m
- Momen inersia (I) = 740 x 10³ cm⁴
- Modulus penampang = 146 x 10² cm³
- Jari – jari girasi (r) = 35,20 cm
- Modulus Young (E) = 2100000 kg/cm²

4.2.4 Kriteria Kapal Rencana

Dalam Tugas Akhir ini kapal Tanker yg direncanakan bersandar di dermaga mempunyai data sebagai berikut (lihat Gambar 4.1).



Gambar 4.1 - Kapal 17.000 DWT

Kapal 17.000 DWT	
DWT	: 17.000 ton
Panjang kapal (LOA)	: 158 m
LBP	: 150 m
Lebar kapal	: 21 m
Tinggi kapal	: 12 m
Draft kapal	: 7,00 m

4.3 Kriteria Alat Rencana

Kriteria alat yang digunakan ini untuk dapat mengetahui besar pembebanan yang membebani struktur dermaga. Pada dermaga terdapat alat-alat seperti : *marine loading arm*, *jib crane*, *fire monitor tower* dan tangga dermaga. Berikut adalah data dari alat-alat yang akan digunakan:

4.3.1 Marine Loading Arm

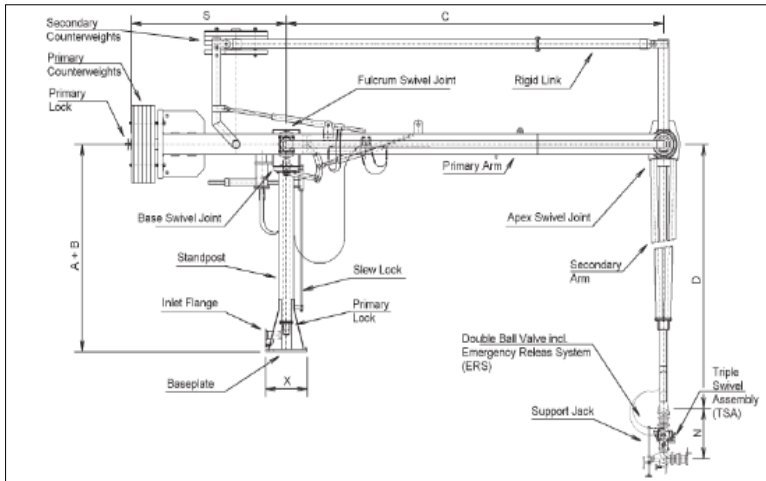
Marine Loading Arm berfungsi sebagai alat yang menyalurkan muatan dari kapal menuju kilang. *Marine Loading Arm* yang digunakan adalah *Marine Loading Arm* dari Emco Wheaton jenis B0030 dengan spesifikasi sebagai berikut :

Ukuran Base Plate	: 1,5 x 1,5 m ²
Diameter pipa digunakan	: 16 inch
Volume aliran	: 4000 m ³ /jam
Jumlah alat direncanakan	: 2 Alat MLA
Kapasitas kapal 17000 DWT	: 26604,83 m ³

Waktu yang dibutuhkan untuk proses bongkar muat.

Kemampuan alat per jam	: 2 alat x 4000 m ³ /jam
	: 8000 m ³ /jam
Waktu	: 26604,83/8000
	: 3,33 jam ~ 4 jam

Gambar *Marine Loading Arm* B030 dapat dilihat pada Gambar 4.2. Untuk spesifikasi lihat Tabel 4.1.



Gambar 4.2 – Marine Loading Arm
(Sumber : Emco Wheaton Brochure)

Tabel 4.1 – Tabel spesifikasi Marine Loading Arm

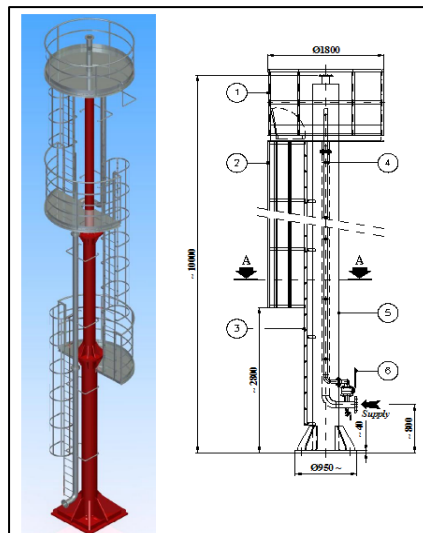
Technical data (standard) – excl. emergency release system									
NB	A + B	X	C	D	N	S	flow rate	weight	bending moment
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /h	kN	kN/m
4"	4500	1000	8000	8000	590	3900	300	62	103
6"	4500	1000	8000	8000	590	3900	600	63	105
8"	4500	1000	9000	9000	740	3900	1100	87	144
10"	6000	1500	10000	10000	890	5250	1700	119	230
12"	7000	1500	11000	11000	1040	6250	2500	157	340
16"	7000	1500	11000	11000	1310	6250	4000	224	500

(Sumber : Emco Wheaton Brochure)

4.3.2 Fire Monitor Tower

Fire monitor tower berfungsi sebagai alat pemadam disaat terjadi kebakaran dalam proses bongkar muat di dermaga dan *fire monitor tower* ini dikendalikan secara otomatis yang dikendalikan dari jarak jauh oleh operator untuk menunjang keselamatan. Spesifikasi *Fire Monitor Tower* sebagai berikut (lihat Gambar 4.3) :

- Berat alat = 1675 Kg
- Tinggi alat = 10 meter
- Base Plate = 1,0 x 1,0 m²
- Diameter pipa = 6 Inc
- Tekanan maksimum = 12 bar



Gambar 4.3 – Fire Monitor Tower
(sumber : Katalog Leader)

4.3.3 Jib Crane

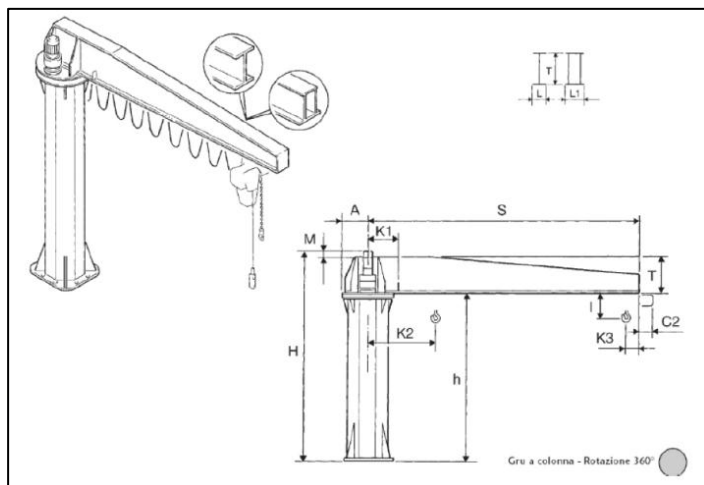
Jib crane berfungsi sebagai alat memindahkan suatu barang dari suatu tempat ke tempat yang lain. *Jib crane* yang digunakan adalah *jib crane electric slewing* buatan HNKs Crane co. Ltd. Spesifikasi *Jib Crane* yang digunakan sebagai berikut (lihat Tabel 4.2 dan Gambar 4.4) :

- Lift Capacity : 5 ton
- Max Lift Height : 4 m
- Slew Angle : 360°
- Length : 8,0 m
- Base Plate : 1,5 x 1,5 m²
- Weight : 4500 kg

Tabel 4.2 – Spesifikasi Jib Crane

Lifting capacity kg	Arm m	Size of jib crane	GBR series column-mounted jib crane – Electrically rotated at 360° continuously														Crane kg	Weight kg
			Type	Under beam h	H	KL	A	M	T	L	L1	Arm speed r.p.m.	peripheric m/min	Motor power kw	Tilting momentum kNm	Maximum lift on the hook kN		
4	3		3L4040	4000	4785	725	475	112	673	-	300	0.91	22.9	0.37	251	126	1705	176.5
4.5	4		4L4540	4000	4820	718	488	97	723	-	300	0.77	21.7	0.55	291	183	2105	215.7
5	4		4L5040	4000	4820	718	488	97	723	-	300	0.77	24.1	0.55	328	183	2150	215.7
5.5	5		5L5540	4000	4915	816	586	192	723	-	300	0.66	22.7	0.55	365	183	2415	183.6
6	5		5L6040	4000	4915	816	586	199	716	-	300	0.66	24.8	0.55	405	183	2560	183.6
6.5	5		5L6540	4000	4915	816	586	189	826	-	300	0.53	21.5	0.55	446	183	2850	229
7	5		5L7040	4000	4915	816	586	189	826	-	300	0.53	23.1	0.55	485	183	2910	229
8	5		5L8040	4000	4915	816	586	189	826	-	300	0.53	24.9	0.55	527	183	2987	229
9	5		5L9040	4000	4915	816	600	122	830	-	300	0.36	19.5	0.75	608	183	3715	341.6
9.5	6		6L9140	4000	4952	923	673	122	830	-	300	0.36	20.4	0.75	649	183	3785	341.6
10	6		6L1040	4000	4952	923	673	122	830	-	300	0.33	23.6	0.75	733	183	4110	311.5
10.5	6		6L1140	4000	4952	923	673	122	830	-	300	0.33	21.6	0.75	777	183	4180	311.5

(Sumber : HNKs Crane co. Ltd)



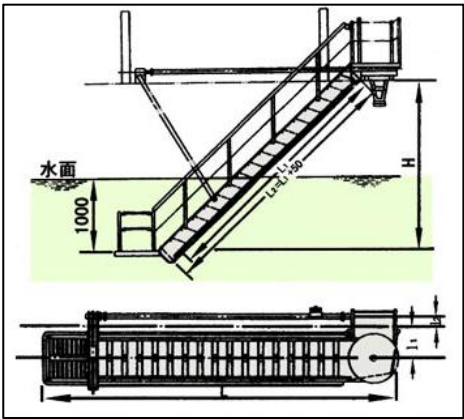
Gambar 4.4 – Jib Crane
(Sumber : HNKS Crane co. Ltd)

4.3.4 Tangga Stand Dermaga

Tangga stand dermaga berfungsi sebagai alat penghubung antara kapal dengan dermaga yang dilalui oleh manusia. Berikut adalah spesifikasi dan gambar dari tangga stand yang digunakan (lihat Tabel 4.3 Gambar 4.5).

Tabel 4.3 – Spesifikasi tangga stand dermaga

踏步级数 No. of treads	名义尺寸L1 Nominal size L1	最大选择高度H Maximum selective height	L	h	l_1	l_2	重量Kg Weight
12	3600	3600	5290	250			320
14	4200	4100	5890	250			330
16	4800	4600	6490	250			340
18	5400	5200	7090	250			530
20	6000	5800	7690	250	850	325	560
22	6600	6400	8290	250	900	425	580
24	7200	6900	8890	250	950	475	600
28	8400	7900	10090	250	1000		780
32	9600	8900	11290	250			850
36	10800	9800	12490	320			890
40	12000	10800	13690	320	900 950	375 425	970
44	13200	11800	14890	350	1000 1050	475 525	1180
48	14400	12800	16090	350	1100 1200	由选用者根据船型确定 The user can according to the ship type to confirm	1260
52	15600	13800	17290	420	1250		1370



Gambar 4.5 – Tangga stand dermaga
(Marine equipment industry leader catalogue)

4.4 Pembebanan

4.4.1 Pembebanan vertikal

1. Beban mati (beban sendiri konstruksi)

Berat jenis (γ) beton bertulang = 2900 Kg/m^3

2. Beban hidup

a. Beban merata akibat beban pangkalan = 3 t/m^2

b. Beban air hujan (5 cm) = $0.05 \times 1 \text{ t/m}^2 = 0.05 \text{ t/m}^2$

c. Beban hidup pada *catwalk* sebesar 5 kPa (SNI T-02-2005)

3. Beban terpusat

a. Beban pipa yang melintasi *loading platform* dan *trestle* dengan diameter 16 inch sebesar 153,11 Kg/m (API 5L *spesification for erw steel pipes*)

b. Beban cairan yang akan disalurkan melalui pipa adalah $\pi \times r^2 \times \gamma_{\text{muatan}}$
 $= 3.14 \times 0.2032^2 \times 800 = 103,72 \text{ Kg/m}$

c. Beban dari MLA (*Marine Loading Arm*), berdasarkan Tabel 4.1 beban terpusat dari alat tersebut adalah 224 kN

d. Beban Jib crane adalah beban terpusat dengan berat 4500 kg = 4,5 ton

e. Beban *fire monitor tower* adalah beban terpusat dengan berat 1675 kg = 1,675 ton

4.4.2 Pembebanan horizontal

a. Gaya tumbukan kapal (fender)

b. Gaya tarikan kapal (bollard)

4.4.3 Beban akibat gempa

Jenis Tanah = Tanah Sedang (SD)

Lokasi = Bontang , Kabupaten Kutai Timur

Fungsi Bangunan = Dermaga

1. Menentukan S_{DS} dan S_1 (lihat Gambar 4.6 dan Gambar 4.7)

S_{DS} merupakan parameter percepatan respon spektral pada periode pendek.

S_1 merupakan parameter percepatan respon spektral pada periode 1 detik.

- Berdasarkan peta pada gambar diatas didapatkan :

$$S_s = 0,2$$

$$S_1 = 0,12$$

- Menentukan F_a dan F_v (lihat Tabel 4.4 dan Tabel 4.5)

Tabel 4.4 - Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 4.5 - Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 didapatkan

$$Fa = 1,6$$

$$Fv = \frac{2-2,4}{0,2-0,1} \cdot (0,12 - 0,1) + 2,4 = 2,32$$

- Menentukan nilai S_{MS} dan S_{MI}

$$\begin{aligned} S_{MS} &= Fa \cdot S_s \\ &= 1,6 \cdot 0,2 \\ &= 0,32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{MI} &= Fv \cdot S_1 \\ &= 2,32 \cdot 0,12 \\ &= 0,278 \end{aligned}$$

- Menentukan nilai S_{DS} dan S_{D1}

$$\begin{aligned} S_{DS} &= 2/3 \cdot S_{MS} \\ &= 2/3 \cdot 0,32 \\ &= 0,213 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= 2/3 \cdot S_{MI} \\ &= 2/3 \cdot 0,278 \\ &= 0,185 \end{aligned}$$

2. Menentukan Nilai T_0 dan T_s

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \frac{SD1}{SDS} \\ &= 0,2 \frac{0,185}{0,213} \\ &= 0,274 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{SD1}{SDS} \\ &= \frac{0,185}{0,213} \\ &= 0,869 \end{aligned}$$

3. Menentukan periode waktu getar alami fundamental (T)

Nilai T dapat ditentukan dengan persamaan:

$$T = T_a \cdot C_u$$

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai C_t dan x dapat ditentukan dengan Tabel 4.6 sedangkan nilai C_u dapat ditentukan dengan

Tabel 4.7.

Tabel 4.6 - Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Tabel 4.7 - Penentuan nilai C_u

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(sumber: SNI 1726 2012)

Dengan asumsi bahwa tinggi dermaga adalah 20 m dan sebagai rangka beton pemikul momen, maka:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x = 0,0466 \cdot 20^{0,9} = 0,69 \quad (T_0 < T_a < T_s)$$

$$T = T_a \cdot C_u = 0,69 \cdot 1,5 = 1,035$$

$$S_a = S_{D1} / T = 0,185 / 1,035 = 0,179$$

4. Menentukan koefisien respon seismik (C_s)

Koefisien respon seismik C_s harus ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Persamaan 7.8-2.

$$C_s = \frac{SDS}{R/I_e}$$

dimana:

S_{DS} = percepatan respon spektrum dalam rentan periode pendek

R = faktor modifikasi respon (Tabel 4.8) = 5

I_e = Faktor keutamaan gempa

Tabel 4.8 - Faktor R

Tabel 9-Faktor R , C_d , dan Ω_o untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)								
Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_o^d	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
24.Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25.Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26.Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C.Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{10/7}	TI ^f	TI ^f
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ^f
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10.Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI

(sumber: SNI 1726 2012)

sehingga:

$$C_s = \frac{0,213}{5/1} = 0,0426$$

$$C_s \max = \frac{SD1}{T \cdot R / I_e} = \frac{0,185}{1,035 \cdot 5 / 1} = 0,0357$$

$$C_s \min = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e = 0,044 \cdot 0,213 \cdot 1 = 0,0094$$

Maka diambil $C_s = 0,0357$

Sedangkan koefisien – koefisien beban gempa yang diambil dari data Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman Kementerian Pekerjaan Umum untuk Kota Bontang dengan tanah sedang dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 - Nilai spektral percepatan di permukaan

PGA (g)	0.088	PSA (g)	0.141
SS (g)	0.203	SMS (g)	0.324
S1 (g)	0.118	SM1 (g)	0.275
CRS	1.026	SDS (g)	0.216
CR1	1.341	SD1 (g)	0.184
FPGA	1.6	T0 (detik)	0.17
FA	1.6	TS (detik)	0.849
FV	2.326		

(sumber: *puskim.go.id*)

4.5 Perencanaan Fender

4.5.1 Beban tumbukan dari kapal

Untuk menentukan kebutuhan ukuran fender, hal yang harus diperhatikan adalah berapa kecepatan bersandar kapal dan ukuran kapal yang dilayani pada dermaga yang akan direncanakan. Hal ini akan berpengaruh pada gaya tumbukan kapal ke dermaga yang berupa energi kinetik yang nantinya akan diabsorpsi oleh fender dan ditransfer menjadi gaya horizontal. Dengan rumusan sebagai berikut :

$$Ef = C_m \cdot C_e \cdot C_C \cdot C_S \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot W \cdot V^2 \right) / g [ton - m]$$

Penjelasan tiap koefisien pada perencanaan fender sudah dibahas pada **sub bab 2.4**.

a. C_m = Mass Coefficient (koefisien massa hidrodinamis)

Shigeru Ueda Method (1981):

$$C_m = 1 + \frac{\pi D}{2 C_b B}$$

Besar nilai C_b dapat dilihat pada tabel Tabel 4.10 :

Tabel 4.10 - Besarnya faktor C_b

Typical block coefficients (C_b)	
Container vessels	0.6–0.8
General cargo and bulk carriers	0.72–0.85
Tankers	0.85
Ferries	0.55–0.65
RoRo vessels	0.7–0.8
Source: PIANC 2002; Table 4.2.2	

C_b = koefisien blok = 0,85 (Tankers)

D = 7 m

B = 21 m

$$C_m = 1 + \frac{\pi x^7}{2 \times 0,85 \times 21} = 1,616$$

b. C_e = koefisien eccentricity (Koefisien Eksentrisitas)

Besar nilai C_b dapat dilihat pada Tabel 4.11 :

Tabel 4.11 – Besar koefisien eksentrisitas (C_E)

Common berthing cases	
Quarter-point berthing	
$x = \frac{L_{BP}}{4}$	$C_E \approx 0.4-0.6$
Third-point berthing	
$x = \frac{L_{BP}}{3}$	$C_E \approx 0.6-0.8$
Midships berthing	
$x = \frac{L_{BP}}{2}$	$C_E \approx 1.0$

(Sumber : PIANC 2002)

$C_e = 0,6$ (Quarter Point Berthing)

c. **C_c = Cushion Coefficient (Koefisien Bantalan)**

Besar nilai C_b dapat dilihat pada Tabel 4.12 :

Tabel 4.12 - Besar koefisien bantalan (C_c)

PIANC recommends the following values:	
$C_c = 1.0$	<ul style="list-style-type: none"> I Open structures including berth corners I Berthing angles $> 5^\circ$ I Very low berthing velocities I Large underkeel clearance
$C_c = 0.9$	<ul style="list-style-type: none"> I Solid quay structures I Berthing angles $> 5^\circ$
Note: where the under keel clearance has already been considered for added mass (C_M), the berth configuration coefficient $C_c=1$ is usually assumed.	

(Sumber : PIANC 2002)

Struktur dermaga yang direncanakan berbentuk open pier, maka besaran nilai $C_c = 1.0$

d. **C_s = Softness Coefficient (koefisien kehalusan)**

Besar nilai C_b dapat dilihat pada Tabel 4.13 :

Tabel 4.13 - Besar koefisien kehalusan (C_s)

$C_s = 1.0$	Soft fenders ($\delta_r > 150\text{mm}$)
$C_s = 0.9$	Hard fenders ($\delta_r \leq 150\text{mm}$)

(Sumber : PIANC 2002)

Untuk mengantisipasi pengaruh deformasi elastis terhadap keadaan kapal ditentukan dengan asumsi tidak terjadinya deformasi, sehingga harga $C_s = 1$.

W_s = Displacement Tonage (ton)

Asumsi untuk Kapal Oil tankers :

$$\log (DT) = 0,332 + 0,956 \log (DWT)$$

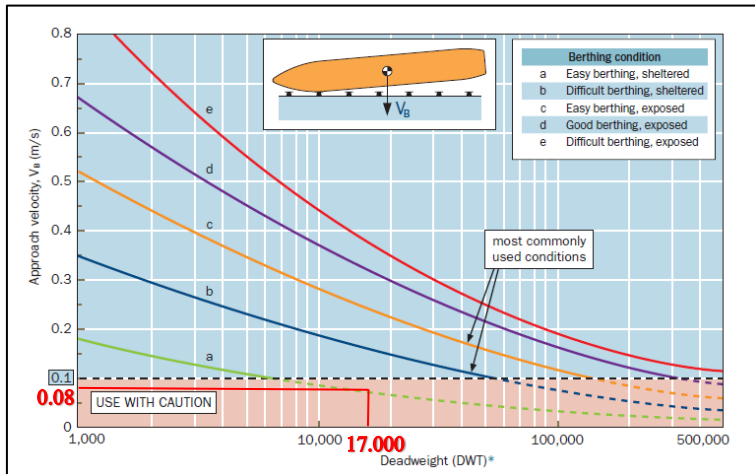
... *OCDI, equation 2.2.2(berthing)*

$$\log (DT) = 0,332 + 0,956 \log (17.000)$$

$$\log (DT) = 4,376$$

$$DT = 23768,4 \text{ Ton}$$

Lokasi untuk perencanaan dermaga ini berada pada perairan yang terlindung dan diharapkan dalam proses bertambat dalam kondisi yang baik. Dari grafik pada Gambar 4.8 didapatkan kecepatan kapal untuk bertambat adalah sekitar 0,08 m/s karena dibawah dari 0,10 m/s maka untuk perhitungan digunakan v sebesar 0,10 m/s.



Gambar 4.8 - Grafik kecepatan kapal bertambat
(sumber : PIANC, 2002)

Dari keseluruhan variable diatas, dapat dihitung energi fender yang terjadi:

$$Ef = C_m \cdot C_e \cdot C_C \cdot C_S \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot W \cdot V^2 \right) / g [ton - m]$$

$$Ef = 1,616 \times 0,6 \times 1 \times 1 \left(\frac{1}{2} \times 23.768,4 \times 0,10^2 \right) / 9,8 [ton - m]$$

$$Ef = 11,76 \text{ ton-m}$$

Safety factor (SF)

Safety factor yang digunakan bersumber pada PIANC 2002 (lihat Gambar 4.9) :

PIANC Factors of Safety (F_s)		
Vessel type	Size	F_s
Tanker, bulk, cargo	Largest	1.25
	Smallest	1.75
Container	Largest	1.5
	Smallest	2.0
General cargo		1.75
RoRo, ferries		≥ 2.0
Tugs, workboats, etc		2.0

Source: PIANC 2002; Table 4.2.5.

PIANC recommends that 'the factor of abnormal impact when derived should be not be less than 1.1 nor more than 2.0 unless exception circumstances prevail'.

Source: PIANC 2002; Section 4.2.8.5.

Gambar 4.9 - Kecepatan kapal bertambat

Untuk kapal tanker, digunakan F_s (*factor safety*) yang digunakan sebesar 1,75. Sehingga energi fender yang terjadi adalah :

$$E_a = F_s \times E_f = 1,75 \times 11,76 = 20,60 \text{ ton-m}$$

4.5.2 Pemilihan tipe fender

Dalam pemilihan tipe fender, harus diperhatikan kemampuan fender untuk mengansorbsi energi kinetik yang sebesar-besarnya dan memperoleh gaya reaksi sekecil-kecilnya. Dari perhitungan energi fender diperoleh $E_a = 13,20 \text{ kNm}$ maka direncanakan fender dengan jenis *Super Cone Fender* (SCN) (Lihat Tabel 4.14, Tabel 4.15 dan Gambar 4.10).

Tabel 4.14 - Rate Performance Fender

		E0.9	E1.0	E1.5	E2.0	E2.5	E3.0	E3.1
SCN 300	Ea	8	9	10	12	13	14	16
	Ra	49	54	63	76	87	101	111
SCN 350	Ea	13	14	16	19	21	23	25
	Ra	67	74	86	103	118	138	151
SCN 400	Ea	19	21	24	28	31	35	38
	Ra	87	97	113	135	155	181	199
SCN 500	Ea	37	41	47	54	61	68	74
	Ra	137	152	177	212	243	283	311
SCN 550	Ea	49	54	63	72	81	90	99
	Ra	165	183	214	256	293	341	375
SCN 600	Ea	63	70	80	90	105	120	132
	Ra	240	264	304	360	408	468	509
SCN 700	Ea	117	130	148	165	185	205	226
	Ra	280	311	352	412	471	547	601
SCN 800	Ea	171	190	218	245	278	310	341
	Ra	359	399	457	538	621	727	800
SCN 860	Ea	215	239	270	302	343	385	423
	Ra	418	465	525	614	710	836	919
SCN 900	Ea	248	275	310	345	393	440	484
	Ra	462	513	578	673	780	917	1008
SCN 950	Ea	289	322	364	407	463	519	571
	Ra	511	568	644	753	871	1024	1126
SCN 1000	Ea	338	375	425	475	540	605	666
	Ra	567	630	713	834	965	1134	1247
SCN 1050	Ea	392	435	493	550	625	700	770
	Ra	626	695	787	919	1064	1249	1374
SCN 1100	Ea	450	500	568	635	720	805	886
	Ra	685	761	864	1011	1168	1369	1506
SCN 1200	Ea	585	650	738	825	935	1045	1150
	Ra	818	909	1031	1206	1392	1631	1794
SCN 1300	Ea	743	825	935	1045	1188	1330	1463
	Ra	958	1064	1206	1409	1631	1916	2107
SCN 1400	Ea	927	1030	1168	1305	1483	1660	1826
	Ra	1112	1235	1400	1636	1893	2223	2492

Tabel 4.15 - Dimensi Fender

	H	ØW	ØU	C	D	ØB	ØS	Anchors/ Head bolts	Z _{min}	Weight
SCN 300	300	500	295	27-37	20-25	440	255	4 x M20	45	40
SCN 350	350	570	330	27-37	20-25	510	275	4 x M20	52	50
SCN 400	400	650	390	30-40	20-28	585	340	4 x M24	60	76
SCN 500	500	800	490	32-42	30-38	730	425	4 x M24	75	160
SCN 550	550	880	540	32-42	30-38	790	470	4 x M24	82	210
SCN 600	600	960	590	40-52	35-42	875	515	4 x M30	90	270
SCN 700	700	1120	685	40-52	35-42	1020	600	4 x M30	105	411
SCN 800	800	1280	785	40-52	35-42	1165	685	6 x M30	120	806
SCN 860	860	1376	845	40-52	35-42	1250	735	6 x M30	130	750
SCN 900	900	1440	885	40-52	35-42	1313	770	6 x M30	135	841
SCN 950	950	1520	930	40-52	40-50	1390	815	6 x M30	142	980
SCN 1000	1000	1600	980	50-65	40-50	1460	855	6 x M36	150	1125
SCN 1050	1050	1680	1030	50-65	45-55	1530	900	6 x M36	157	1360
SCN 1100	1100	1760	1080	50-65	50-58	1605	940	8 x M36	165	1567
SCN 1200	1200	1920	1175	57-80	50-58	1750	1025	8 x M42	180	2028
SCN 1300	1300	2080	1275	65-90	50-58	1900	1100	8 x M48	195	2455
SCN 1400	1400	2240	1370	65-90	60-70	2040	1195	8 x M48	210	3105
SCN 1600	1600	2560	1570	65-90	70-80	2335	1365	8 x M48	240	4645
SCN 1800	1800	2880	1765	75-100	70-80	2625	1540	10 x M56	270	6618
SCN 2000	2000	3200	1955	80-105	90-105	2920	1710	10 x M56	300	9560
SCN 2250	2250	3600	2205	100-120	100-110	3285	1930	12 x M76	335	13,500
SCN 2500	2500	4000	2450	120-150	100-120	3650	2150	12 x M76	375	18,500

(Units: mm, kg)

(Sumber : Fender system v1.1 trelleborg)

Dari tabel tersebut, dapat diperoleh data-data berikut :

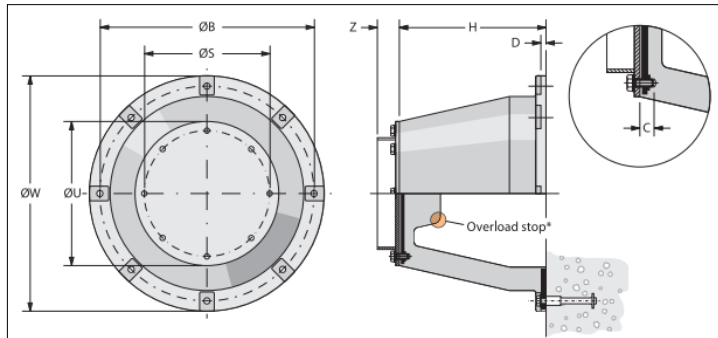
Fender = Tipe SCN 700 E 3.1

E_R = 226 kNm

R_R = 601 kN

Diameter = 1,120 meter

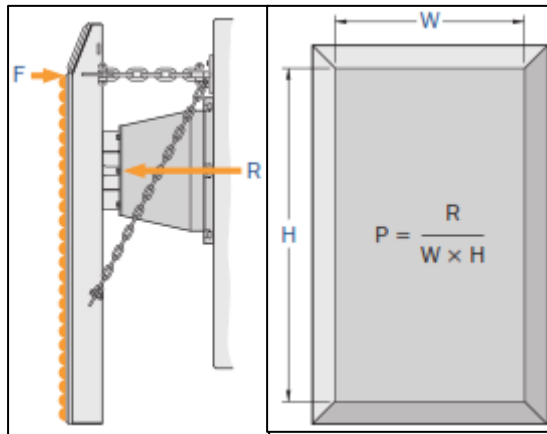
Berat = 411 Kg



Gambar 4.10 - Fender Super Cone
(Sumber : Fender system v1.1 trelleborg)

4.5.3 Perencanaan Panel Fender

Perhitungan panel fender cukup penting dalam perencanaan fender. Pada fender dengan tipe SCN dibutuhkan *frontal frame* untuk melindungi kapal saat menumbuk fender. Hal ini dikarenakan luas bidang dari fender SCN sendiri relatif kecil sehingga dapat mengakibatkan robeknya badan kapal. Sehingga harus diperhitungkan dengan perumusan sebagai berikut (lihat Gambar 4.11):



Gambar 4.11 - Desain Panel Fender SCN
(Sumber : Fender system v1.1 trelleborg)

$$P = \frac{\sum R}{W \cdot H} < P_p$$

Dimana: P = tekanan kontak lambung kapal
 ΣR = reaksi maksimum dari fender
W = lebar panel
H = tinggi panel
 P_p = tekanan kontak ijin

Untuk mengetahui Tekanan kontak ijin dapat dilihat pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 - Tekanan Kontak Ijin

Vessel type	Size/class	Hull pressure (kN/m ²)
Container ships	< 1000 teu (1st/2nd generation)	< 400
	< 3000 teu (3rd generation)	< 300
	< 8000 teu (4th generation)	< 250
	> 8000 teu (5th/6th generation)	< 200
General cargo	≤ 20000 DWT	400–700
	> 20000 DWT	< 400
Oil tankers	≤ 20000 DWT	< 250
	≤ 60000 DWT	< 300
	> 60000 DWT	150–200
Gas carriers	LNG/LPG	< 200
Bulk carriers		< 200
RoRo Passenger/cruise SWATH		Usually fitted with beltings (strakes)

Source: PIANC 2002; Table 4.4.1

Rencana perhitungan panel pada fender :

W = 2,0 m;

H = 4,0 m, maka

$$P = \frac{\sum R}{W \cdot H} < P_p$$

$$P = \frac{601kN}{2,0m \cdot 4,0m} = 75,125kN/m^2 < 250kN/m^2$$

Jadi panel fender dengan **ukuran 2,0 m x 4,0 m** dapat digunakan dan aman untuk ditambahi.

4.6 Perencanaan Bollard

4.6.1 Gaya Akibat Tarikan Kapal

Kapal yang direncanakan kapasitas 17.000 DWT. Gaya tarik akibat kapal diambil sebesar Maximum Breaking Line (MBL) tali pada kapal yang ditinjau. Besaran minimum MBL pada berbagai jenis dan ukuran kapal dapat kita lihat pada (Tabel 4.17) berikut ini :

Tabel 4.17 - Peraturan ISO mengenai jumlah, kekuatan winch dan tali pada kapal

Number of Winches	Nominal Size (tonnes)	Drum Load (Kn)	Holding Load (Kn)	Design Rope Diameter (mm)	MBL	Approximate Ship Size Range	
						Conventional Ships. Tankers, Bulk Carriers, etc.	Special Ships with Large Wind Area. Containers, RoRo, Passenger, etc.
4	12	120	310	26	378	8000	5000
4	16	160	470	32	573	15000	8000
6	16	160	470	32	572	25000	12000
6	20	200	590	36	725	35000	20000
6	25	250	730	40	895	50000	30000
6	32	315	880	44	1080	65000	45000
6	40	400	1050	48	1290	80000	60000
6	50	500	1280	51	1590	110000	85000
6	64	640	1560	57	1980	150000	120000
6	80	800	1940	64	2420	210000	
6	100	1000	2430	77	3400	300000	

(Sumber : Advance in Berthing and Mooring of Ships and Offshore Structures, 1988)

Dari Tabel 4.17 didapat MBL sebesar 572 kN, sesuai dengan perencanaan Mooring Dolphin sebanyak 6 buah sehingga kapal dianggap mempunyai 6 winch. Jika MBL telah didapatkan maka perlu dicari besaran dari Safe Working Load (SWL) yang besarnya 55% dari MBL, dan Proof Load (PL) yang besarnya 1.5 SWL. Dengan mendapatkan nilai SWL maka kita dapat menentukan tarikan maksimum yang dihasilkan dari kapal. Maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{MBL} &= 572 \text{ kN} \\
 &= 57,2 \text{ t} \\
 \text{SWL} &= 55\% \cdot \text{MBL} \\
 &= 55\% \times 57,2 \\
 &= 31,46 \text{ ton} \approx 32 \text{ ton} \\
 &= 320 \text{ kN} \\
 \text{PL} &= 1,5 \cdot 32 \\
 &= 1,5 \times 32 \\
 &= 48 \text{ ton} \\
 &= 480 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.6.2 Pemilihan Tipe Bollard

Karena muatan dari kapal rencana termasuk jenis *oil and gas* , maka digunakan bollard jenis *QRH (Quick Release Hook)*. Terdapat 2 jenis *Mooring Dolphin* yang direncanakan dalam perencanaan tugas akhir ini. Untuk *Mooring Dolphin* pertama digunakan satu buah *QRH bollard* dengan kemampuan SWL sebesar 320 kN dan PL sebesar 650 kN, sedangkan *Mooring Dolphin* yang kedua digunakan 2 buah *QRH bollard* dengan kemampuan yang sama dikarenakan *Mooring Dolphin* tersebut harus dapat melayani 2 kapal bertambat sekaligus pada kedua sisi dermaga.

Digunakan QRH double hook produk *Trelleborg* dengan *type 45 series double hook* dengan kemampuan SWL 450 kN > 320 kN. Spesifikasi dan gambar Bollard (lihat Tabel 4.18 dan Gambar 4.12) :

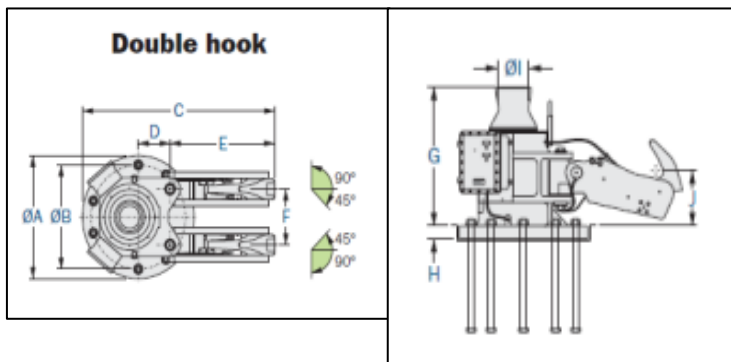
Tabel 4.18 – Spesifikasi *QRH Bollard*

Hooks	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Anchors	Quantity
45 Series												
Single	1100	900	2020	550	920	–	1220	120	305	480	M56 × 1000	4
Double	1100	900	1945	435	960	450	1220	120	305	480	M56 × 1000	5
Triple	1300	1100	1940	370	920	510	1220	120	305	430	M56 × 1000	6
Quadruple	1500	1300	2110	440	960	450	1220	160	305	430	M56 × 1000	10
60 Series												
Single	1100	900	2020	550	920	–	1220	120	305	430	M56 × 1000	4
Double	1100	900	1905	435	920	450	1220	120	305	430	M56 × 1000	5
Triple	1300	1100	1940	370	920	510	1220	120	305	430	M56 × 1000	6
Quadruple	1500	1300	2110	440	920	450	1220	160	305	430	M56 × 1000	10
75 Series												
Single	1100	900	2020	550	920	–	1220	120	305	430	M56 × 1000	4
Double	1100	900	1905	435	920	450	1220	120	305	430	M56 × 1000	5
Triple	1300	1100	1940	370	920	510	1220	120	305	430	M56 × 1000	6
Quadruple	1500	1300	2110	440	920	450	1220	160	305	430	M56 × 1000	10
100 Series												
Single	1100	900	2125	550	1025	–	1220	120	305	440	M56 × 1000	4
Double	1100	900	2010	435	1025	450	1220	120	305	440	M56 × 1000	7
Triple	1300	1100	2045	370	1025	510	1220	120	305	440	M56 × 1000	10
Quadruple	1500	1300	2215	440	1025	450	1220	160	305	440	M56 × 1000	14
125 Series												
Single	1100	900	2125	550	1025	–	1220	120	305	440	M56 × 1000	4
Double	1100	900	2010	435	1025	450	1220	120	305	440	M56 × 1000	7
Triple	1300	1100	2045	370	1025	510	1220	120	305	440	M56 × 1000	10
Quadruple	1500	1300	2215	440	1025	450	1220	160	305	440	M56 × 1000	14
150R Series												
Single	1100	900	2150	575	1025	–	1270	120	305	465	M56 × 1000	7
Double	1300	1100	2045	370	1025	590	1270	120	305	480	M56 × 1000	10
Triple	1500	1300	2275	500	1025	590	1270	160	305	480	M56 × 1000	14
Quadruple	2000	1780	2625	600	1025	590	1270	180	305	490	M56 × 1000	14

The hook series designates the safe working load of each hook. (eg. 75 Series hooks have an SWL of 75 tonnes)

[Units: mm]

(Sumber : Bollard guide v1.3trelleborg)



Gambar 4.12 - Detail penampang *QRH bollard*
 (Sumber : *Bollard guide v1.3 trelleborg*)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

EVALUASI LAYOUT

5.1 Umum

Perencanaan layout dermaga *tanker* ini harus direncanakan dengan tepat sesuai dengan kebutuhan. Dermaga sendiri harus memiliki dimensi yang cukup guna melayani keperluan bongkar muat kapal yang baik, seperti ketinggian elevasi dermaga untuk mengantisipasi terjadinya banjir ketika air meluap serta kedalaman dan jarak *dolphin* harus sesuai dengan standart. Oleh karena itu evaluasi layout sangat penting guna menentukan apakah perencanaan dermaga yang dilakukan sudah sesuai dengan standart yang ada.

5.2 Proses Muat (*Loading*)

Proses *Loading* melalui proses yang cukup panjang dan sulit karena mengingat isi dari muatan kapal yang sangat penting. Prosedur muat diperoleh dari informasi pelabuhan setempat. Berikut adalah urutan proses bongkar muat pada kapal tanker 17.000 DWT yang mengangkut muatan minyak RON 92 :

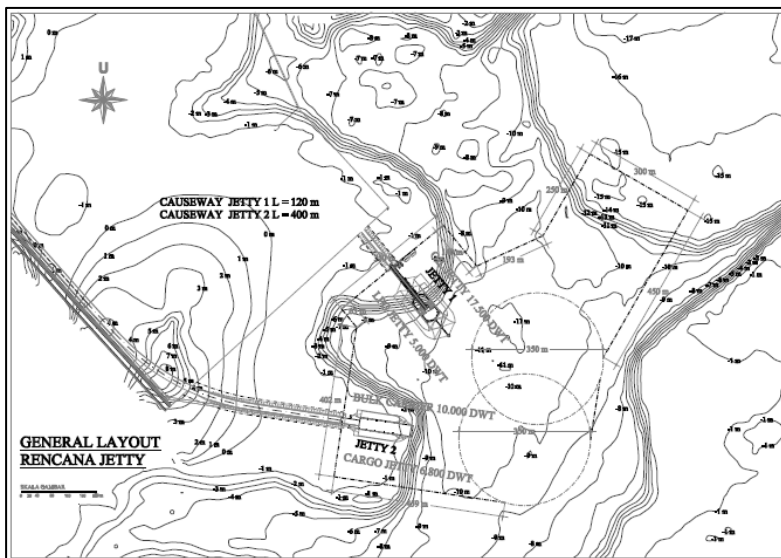
1. Kapal tanker menunggu di *anchorage area* menunggu proses persetujuan SPOG yang diserahkan pada pihak pengelola dermaga.
2. Dokumen kesiapan kapal diserahkan kembali pada kapal tanker.
3. Kapal tunda menjemput kapal tanker dan mengarahkan kapal tanker menuju ke arah dermaga.
4. Kapal berputar di kolam putar dan memulai proses bertambat dengan memasang tali tambat pada *bollard* di dermaga.
5. Tangga dipasang ke kapal untuk lalu lintas pekerja pada proses bongkar muat.
6. *Marine Loading Arm* dipasang ke kapal melalui *transfer line* untuk menyalurkan muatan minyak RON 92.

7. Muatan mulai disalurkan melalui pipa ke kapal dengan menggunakan kompresor.
8. Proses penyaluran dari kilang penyimpanan minyak didarat ke kapal diperlambat.
9. Proses penyaluran muatan ke kapal telah selesai.
10. *Marine Loading Arm* dilepas dari kapal.
11. Nahkoda dan Anak Buah Kapal bersiap dan menyiapkan kapal.
12. Tangga dilepas dari kapal.
13. Mesin kapal mulai dinyalakan kembali.
14. Tali tambat kapal dilepaskan dari dermaga.
15. Kapal tunda menjemput kapal tanker dan mengarahkan kapal tanker menuju perairan terbuka.
16. Kapal tanker meninggalkan kawasan Perairan Bontang dan proses muat telah selesai.

5.3 Layout Perairan

5.3.1 Layout Rencana Awal

Dermaga *open pier* pada *Jetty 1* di perairan Kota Bontang direncanakan bisa melayani kapal tanker 17.000 DWT. Masing-masing jetty dapat di tambati 2 kapal dalam waktu bersamaan. *Layout* rencana awal yang digunakan dalam tugas akhir ini dibuat oleh tim LPPM – ITS Surabaya. Layout ini dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 - *General Layout* rencana Jetty 1 dan Jetty 2
(sumber: LPPM-ITS Surabaya)

Berdasarkan *layout* rencana awal diatas, dapat dilihat dimensi dari masing – masing *layout* rencana awal pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 - Dimensi layout rencana awal

Rencana	Dimensi	Keterangan
Area penjangkaran	-	Belum ditentukan
Panjang Alur Masuk	-	Belum ditentukan
Lebar Alur masuk	300,0 m	
Kedalaman Alur Masuk	-	Belum ditentukan
Diameter Kolam putar	350 m	-
Kedalaman Kolam Putar	-	Belum ditentukan
Jumlah Dermaga	2 buah	-
Panjang kolam dermaga	190 m	Untuk kedua dermaga
Lebar kolam dermaga	75 m	Untuk kedua dermaga
Kedalaman kolam dermaga	- 2,0 m	Untuk kedua dermaga

5.3.2 Evaluasi *Layout* Perairan

- **Area penjangkaran**

1. Jumlah antrian kapal

Karena hanya direncanakan untuk 2 dermaga dan nilai *Berth Occupancy Ratio* (BOR) dari dermaga ini dibawah 0,3, maka dapat ditentukan bahwa kapal yang mengantri (N) sebanyak 4 buah.

2. Kedalaman area penjangkaran

Lokasi area penjangkaran direncanakan pada area sebelum alur masuk. Diperkirakan pada lokasi ini kedalaman perairan sekitar – 12 mLWS.

3. Area kapal menunggu

Lokasi kapal menunggu ini berada di sisi terluar area penjangkaran. Jari – jari area berlabuh tiap kapal untuk penjangkaran yang baik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R = LoA + 6 \cdot D$$

$$R = 158 + 6 \cdot (10 + 2,5) = 233 \text{ m}$$

Luas area kapal menunggu dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$A_1 = N \cdot \pi \cdot R^2$$

$$A_1 = 4 \cdot \pi \cdot 233^2 = 682215,6 \text{ m}^2$$

• Alur masuk

1. Tipe alur masuk

Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, jumlah dermaga ini berjumlah 2 dan jumlah kapal yang mengantri sebanyak 4 buah maka tipe alur masuk yang digunakana adalah *two way traffic*.

2. Kedalaman alur masuk

Dengan kondisi perairan yang tenang, kedalaman alur masuk dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$D = 1,15 \cdot \text{Draft}$$

$$D = 1,15 \cdot 7,0 = 8,05 \approx 8,50 \text{ mLWS}$$

3. Lebar alur masuk

Direncanakan alur masuk merupakan *two way traffic*. Lebar alur masuk dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$W = 2 \cdot LOA$$

$$W = 2 \cdot 158 = 316 \text{ m} \approx 320 \text{ m}$$

4. Panjang alur masuk (*stopping distance*)
Direncanakan kapal bergerak dengan kecepatan 16 knot.
Panjang alur masuk dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Sd_{min} = 7 \cdot LoA$$

$$Sd_{min} = 7 \cdot 158 = 1106 \text{ m} \approx 1110 \text{ m}$$

- **Kolam putar (*Turning Basin*)**

1. Kedalaman kolam putar
Dengan kondisi perairan yang tenang, kedalaman kolam dermaga dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$D = 1,1 \cdot Draft$$

$$D = 1,1 \cdot 7,0 = 7,7 \text{ m} \approx 8,00 \text{ m}$$

2. Diameter kolam putar
Diameter kolam putar dihitung dengan persamaan berikut:

$$Db = 2 \cdot LoA$$

$$Db = 2 \cdot 158 = 316 \text{ m} \approx 320 \text{ m}$$

- **Kolam dermaga**

1. Kedalaman kolam dermaga
Dengan kondisi perairan yang tenang, kedalaman kolam dermaga dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$D = 1,1 \cdot Draft$$

$$D = 1,1 \cdot 7,0 = 7,7 \text{ m} \approx 8,00 \text{ m}$$

2. Kebutuhan pengerukan

Dikarenakan kebutuhan kedalaman pada kolam dermaga ini kurang mencukupi yakni sedalam - 2 mLWS, maka dibutuhkan pengerukan pada area kolam dermaga. Kedalam pengerukan direncanakan hingga area kolam dermaga memiliki kedalaman minimal -8 mLWS.

3. Lebar kolam dermaga

Lebar kolam dermaga dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$W = 1,25 \cdot \text{Breadth} + 50 \text{ m}$$

$$W = 1,25 \cdot 21 + 50 = 76,25 \text{ m} \approx 80,00 \text{ m}$$

4. Panjang kolam dermaga

Direncanakan kolam dermaga berada di depan dermaga. Dengan manuver kapal dibantu kapal pemandu, panjang kolam dermaga dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$L = 1,25 \cdot \text{LoA}$$

$$L = 1,25 \cdot 158 = 197,50 \text{ m} \approx 200,00 \text{ m}$$

• **Hasil evaluasi *layout* perairan**

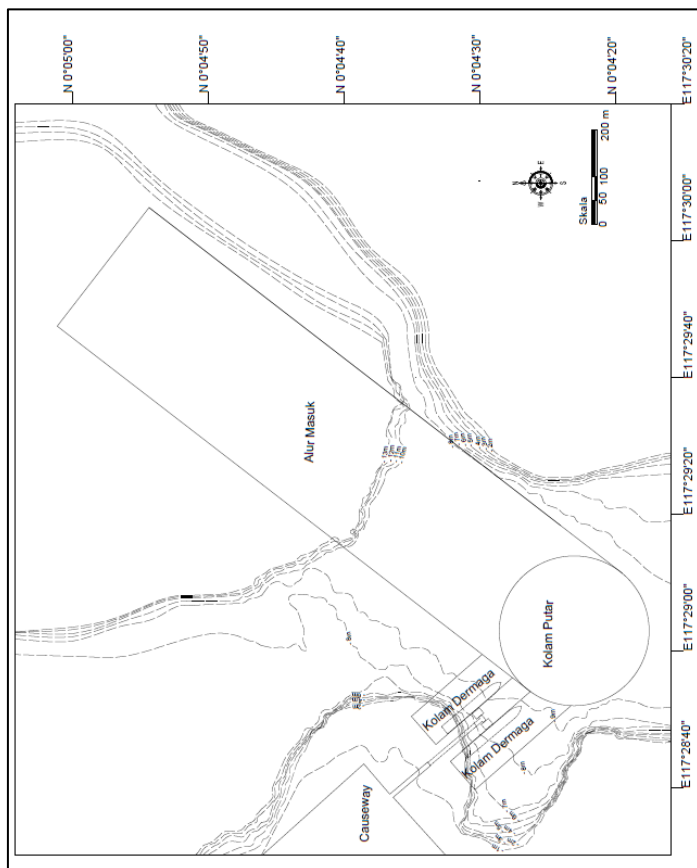
Berdasarkan tinjauan ulang *layout* rencana awal maka:

1. Dibutuhkan area penjangkaraan baru dengan dimensi seperti pada sub bab 5.3.2.
2. Dibutuhkan alur masuk baru dengan dimensi seperti pada sub bab 5.3.2.
3. Dibutuhkan kolam putar dengan diameter yang lebih kecil, untuk dimensi dapat dilihat pada sub bab 5.3.2..
4. Dibutuhkan panjang kolam dermaga baru dengan dimensi seperti pada sub bab 5.3.2..
5. Dibutuhkan lebar kolam dermaga baru dengan dimensi seperti pada sub bab 5.3.2.
6. Dibutuhkan pengerukan di area kolam dermaga hingga sedalam minimal 8 m.

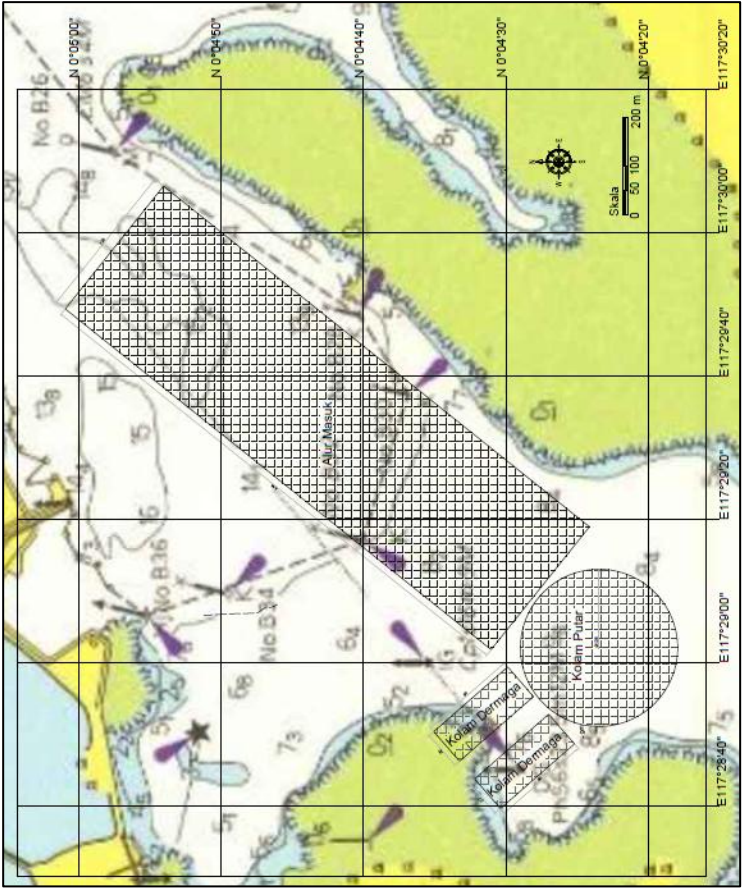
Dari perhitungan sebelumnya maka didapatkan rekapitulasi kebutuhan *layout* perairan dermaga *open pier* pada Tabel 5.2 Sedangkan *layout* perairan hasil evaluasi dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3.

Tabel 5.2 – Hasil evaluasi *layout* perairan

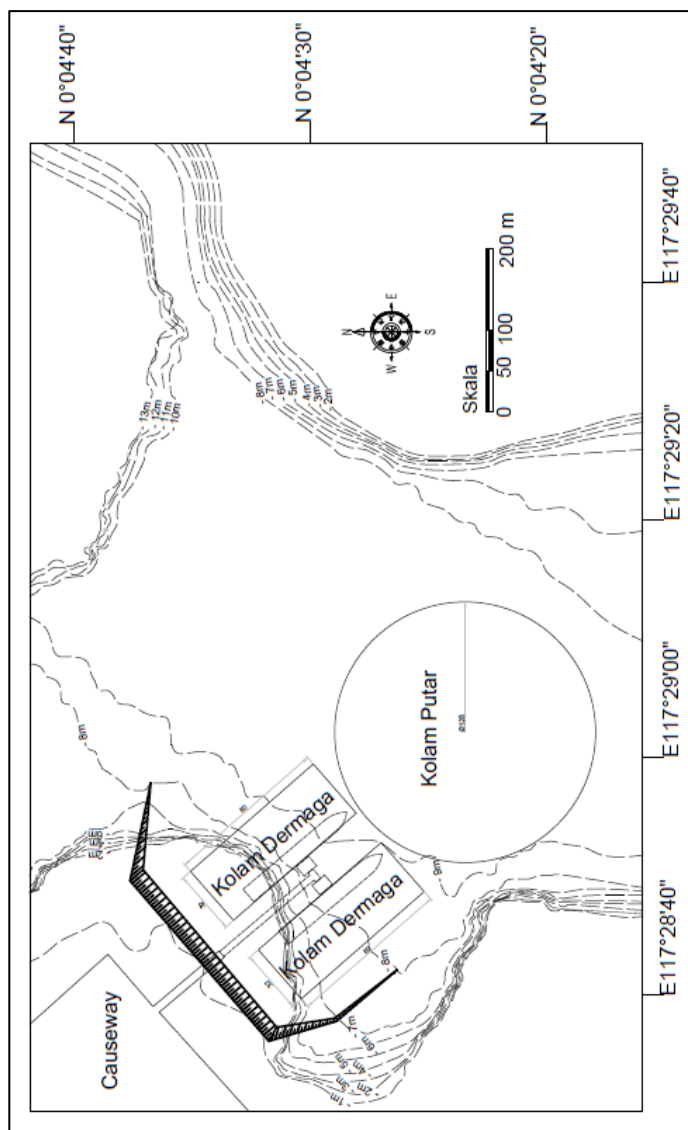
Kebutuhan	Dimensi	Keterangan
Jumlah kapal menunggu	4 kapal	Tetap
Kedalaman area penjangkaran	- 12,0 mLWS	Baru
Luas area penjangkaran	210 m x 80 m	Baru
Area menunggu	682215,60 m ²	Baru
Tipe alur masuk	<i>Two way traffic</i>	Baru
Kedalaman alur masuk	8,50 m	Baru
Panjang alur masuk	1110,00 m	Baru
Lebar alur masuk	320,0 m	Baru
Kedalaman kolam putar	8,00 m	Butuh pengerukan
Diameter kolam putar	320,00 m	Diperkecil
Kedalaman kolam dermaga	8,00 m	Butuh pengerukan
Panjang kolam dermaga	200,00 m	Diperbesar
Lebar kolam dermaga	80,00 m	Diperbesar



Gambar 5.2 – Kebutuhan *Layout* Perairan untuk *jetty* I



Gambar 5.3 – Kebutuhan *Layout* Perairan pada peta



Gambar 5.4 – Kebutuhan Pengerukan

Gambar 5.5 - *Layout* daratan rencana awal
(sumber: LPPM-ITS Surabaya)

Berdasarkan *layout* rencana awal diatas, dapat dilihat dimensi dari masing – masing *layout* rencana awal pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 - Dimensi *layout* rencana awal

Rencana	Dimensi	Keterangan
<i>Loading Platform</i>	15 x 20 m	Untuk 2 dermaga
Bentang Breasting Dolphin	60,0 m	Untuk 2 dermaga
Jarak antar Mooring Dholpin 1	30,00 m dan 25,00 m	Untuk 2 dermaga
Jarak antar Mooring Dholpin 2	30,00 m dan 25,00 m	-
Bentang Mooring Dolphin	190,0 m	Untuk 2 dermaga
Elevasi permukaan dermaga	-	-
Panjang Catwalk 1	20,00 m	Untuk 2 dermaga
Panjang Catwalk 2	17,50 m	Untuk 2 dermaga
Panjang Catwalk 3	20,00 m	Untuk 2 dermaga
Panjang Catwalk 4	22,50 m	-
Panjang Catwalk 5	20,00 m	-
Panjang Catwalk 6	30,00 m	-

5.4.2 Evaluasi *Layout* Daratan

- **Elevasi dermaga**

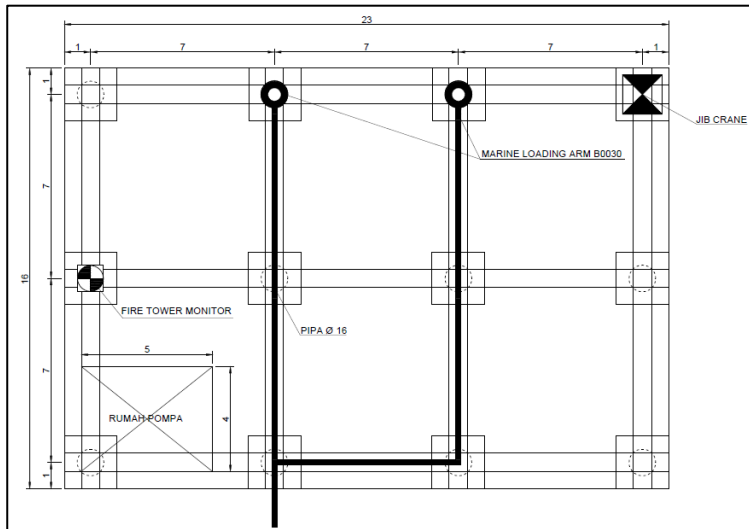
Evaluasi dermaga dipengaruhi oleh besarnya beda pasang surut. Elevasi dermaga yang digunakan diambil dari data pasang surut sebesar 2.5 mLWS. Elevasi dermaga dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$El = \text{Beda pasang} + \text{Tinggi Jagaan}(0.5 \sim 1.5)$$

$$El = 2,46 + 1.0 = 3,46 \text{ mLWS} \approx 3,50 \text{ mLWS}$$

- **Loading Platform**

Dimensi *loading platform* ditentukan dari ukuran dan jarak dari peralatan diatasnya berupa *Marine Loading Arm (MLA)*, *monitor tower* dan *jib crane*. Dimensi dari *Loading Platform* direncanakan $16 \times 23 \text{ m}^2$. Layout utilitas dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 – Layout Utilitas

- **Jarak bentang *breasting dolphin***

Breasting dolphin harus bersifat fleksible karena *breasting dolphin* di desain untuk menyerap energy kinetic kapal. Jarak bentang *breasting dolphin* ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak } \textit{breasting dolphin} &= (0.30) \times \text{LOA kapal terbesar} \\ &= 0.30 \times 158 = 47,40\text{m} \approx 48,00 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Jarak bentang *mooring dolphin***

Ketentuan mengenai jarak dan sudut pada *mooring dolphin* pada dilihat pada **sub bab 2. 3. 2.** Jarak antar *mooring dolphin* yang digunakan sebesar 25 m. Jarak bentang *mooring dolphin* ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak } \textit{mooring dolphin} &= 1.35 \times \text{LOA kapal terbesar} \\ &= 1.35 \times 158 = 213,30 \text{ m} \approx 215,00 \text{ m}\end{aligned}$$

- **Catwalk**

Terdapat 6 jenis *catwalk* dalam *layout* rencana yaitu :

Catwalk 1 = 20,00 m

Catwalk 2 = 17,50 m

Catwalk 3 = 20,00 m

Catwalk 4 = 22,50 m

Catwalk 5 = 20,00 m

Catwalk 6 = 30,00 m

Apabila ditinjau dari segi efektivitas dan biaya, maka *catwalk* 1 dan 2 tidak perlu direncanakan karena kurang efektif dan biaya yang diperlukan untuk pembangunan cukup mahal. Sedangkan untuk *catwalk* 4 dan 5 perlu diperpanjang agar menyesuaikan dengan panjang bentang *Mooring Dolphin*.

- **Hasil evaluasi *layout* daratan**

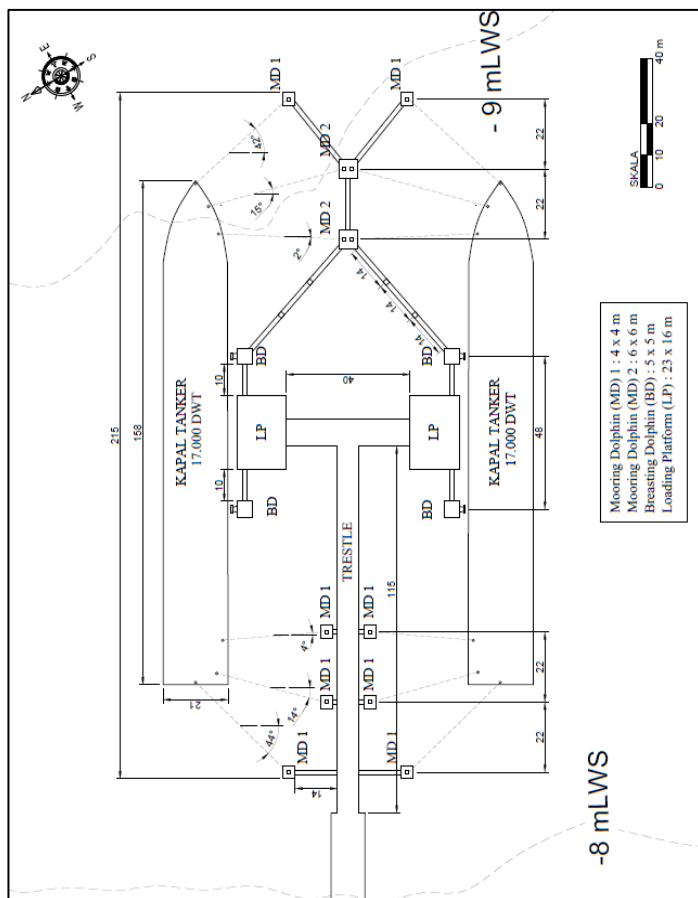
Berdasarkan tinjauan ulang *layout* rencana awal maka:

1. Dibutuhkan perpanjangan untuk bentang Breasting Dolphin seperti pada sub bab 5.4.2.
2. Dibutuhkan perpanjangan untuk bentang Mooring Dolphin seperti pada sub bab 5.4.2.
3. Struktur *catwalk* 1 tidak perlu direncanakan
4. Struktur *catwalk* 2 tidak perlu direncanakan
5. Dibutuhkan perpanjangan pada *catwalk* 4 seperti pada sub bab 5.4.2.
6. Dibutuhkan perpanjangan pada *catwalk* 5 seperti pada sub bab 5.4.2.

Dari perhitungan sebelumnya maka didapatkan rekapitulasi kebutuhan layout daratan pada Tabel 5.4. Sedangkan layout daratan hasil evaluasi dapat dilihat pada Gambar 5.7.

Tabel 5.4 – Hasil evaluasi *layout* daratan

Kebutuhan	Dimensi	Keterangan
Loading Platform	18 x 23 m ²	Diperbesar
Bentang Mooring Dolphin	215,00 m	Diperpanjang
Jarak antar Mooring Dolphin 1	22,00 m	Diperpendek
Jarak antar Mooring Dolphin 2	22,00 m	Diperpendek
Elevasi Mooring Dolphin 1	+5,00 mLws	Baru
Elevasi Mooring Dolphin 2	+5,00 mLws	Baru
Bentang Breasting Dolphin	48,00 m	Diperkecil
Elevasi Breasting Dolphin	+5,00 mLws	Baru
Panjang Catwalk 1	14 m	Sebagian diperpendek
Panjang Catwalk 2	-	Tidak diperlukan
Panjang Catwalk 3	10,00 m	Diperpendek
Panjang Catwalk 4	42,00 m	Diperpanjang
Panjang Catwalk 5	16,00 m	Diperpendek
Panjang Catwalk 6	22,00 m	Diperpendek



Gambar 5.7 – Layout Daratan Jetty 1
Koordinat (0°04'32.4"N 117°28'51.4"E)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

PERHITUNGAN STRUKTUR DERMAGA

6.1 Perencanaan Struktur Catwalk

6.1.1 Umum

Struktur catwalk pada dermaga berfungsi sebagai penghubung antar struktur dolphins. Dalam perencanaan tugas akhir ini direncanakan struktur catwalk sebagai berikut :

- a. Catwalk 1
 - Panjang = 10 meter
 - Lebar = 1,5 meter
 - Jarak balok melintang = 2,0 meter
 - Tinggi = 1,5 meter
- b. Catwalk 2
 - Panjang = 14 meter
 - Lebar = 1,5 meter
 - Jarak balok melintang = 2,0 meter
 - Tinggi = 1,5 meter
- c. Catwalk 3
 - Panjang = 16 meter
 - Lebar = 1,5 meter
 - Jarak balok melintang = 2,0 meter
 - Tinggi = 1,5 meter
- d. Catwalk 4
 - Panjang = 22 meter
 - Lebar = 1,5 meter
 - Jarak balok melintang = 2,0 meter
 - Tinggi = 1,5 meter
- e. Catwalk 5
 - Panjang = 42 meter
 - Lebar = 1,5 meter
 - Jarak balok melintang = 2,0 meter
 - Tinggi = 1,5 meter

Perencanaan Balok Utama

Dalam perencanaan catwalk ini, direncanakan menggunakan profil *Circular Hollow Section* (CHS), dengan spesifikasi sebagai berikut:

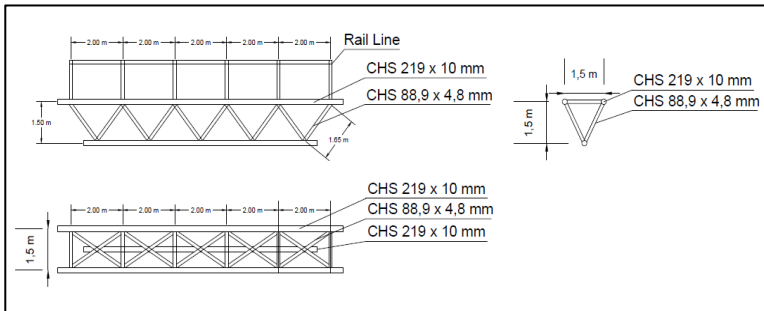
a.	Material type	= coldformed
b.	Nominal bore (mm)	= 200 mm
c.	Outside diameter (OD)	= 219,1 mm
d.	Thickness (t)	= 10 mm
e.	Weight (W)	= 51,59 kg/m
f.	Area of Cross Section (A)	= 65,72 cm ²
g.	Outer Surface Area (cm ² /m)	= 6886
h.	Moment of Inertia (I)	= 3599,89 cm ⁴
i.	Section Modulus	= 328,61 cm ³
j.	Radius of Gyration (r)	= 7,40 cm
k.	Young Modulus (E)	= 2100000 kg/cm ²
l.	Tensile Stress (fu)	= 4100 kg/cm ²
m.	Yield Stress (fy)	= 2500 kg/cm ²

Perencanaan Kerangka

Profil *Circular hollow* untuk kerangka balok yang direncanakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

a.	Material type	= coldformed
b.	Nominal bore (mm)	= 80 mm
c.	Outside diameter (OD)	= 88,9 mm
d.	Thickness (t)	= 4,80 mm
e.	Weight (W)	= 9,90 kg/m
f.	Area of Cross Section (A)	= 12,70 cm ²
g.	Outer Surface Area (cm ² /m)	= 2793
h.	Moment of Inertia (I)	= 112,52 cm ⁴
i.	Section Modulus	= 25,31 cm ³
j.	Radius of Gyration (r)	= 2,98 cm
k.	Young Modulus (E)	= 2100000 kg/cm ²
l.	Tensile Stress (fu)	= 4100 kg/cm ²
m.	Yield Stress (fy)	= 2500 kg/cm ²

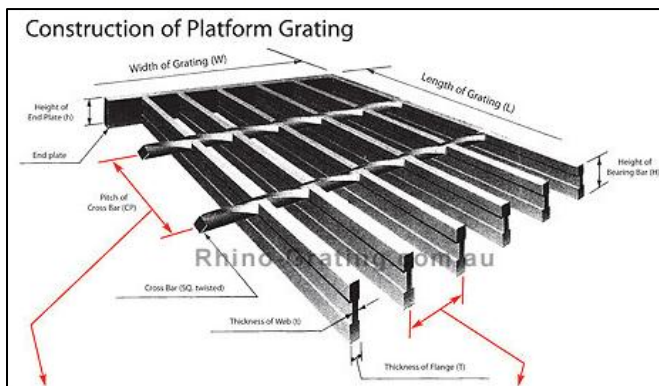
Dari spesifikasi diatas direncanakan layout struktur catwalk yang dapat dilihat pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 – Layout Catwalk

Perencanaan Pelat Injak

Pelat injak direncanakan dengan menggunakan pelat grating (*grating platform*) dengan tebal 5,0 cm, untuk detail lihat Gambar 6.2 :



Gambar 6.2 – Spesifikasi Plat *Grating*

Spesifikasi pelat I Bar grating yang digunakan dalam perencanaan dengan mutu baja BJ 41 adalah sebagai berikut :

- a. Grating code = RG3853/30/IB
- b. Length x width = 1950 x 1500 mm
- c. Loading bar size = 38x5x3
- d. Weight (kg/m^2) = 43,9 kg/m^2
- e. Jarak balok melintang = 1500mm
- f. S (stress in kg/mm^2) = 0,87 kg/mm^2
- g. D (deflection in mm) = 1,20 mm
- h. Young modulus E = 2100000 kg/cm^2

Pembebanan pada Catwalk

- a. Berat Struktur
Beban dari elemen - elemen ini (balok utama, rangka dan pelat injak) secara otomatis akan dihitung sendiri oleh program SAP.
- b. Beban hidup terpusat
Beban hidup yang terjadi pada catwalk direncanakan sebesar 200 kg untuk jembatan pejalan kaki. Diasumsikan ada beberapa orang sekaligus yang membebani struktur

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi yang dipergunakan dalam perencanaan struktur catwalk sebagai berikut :

- a. 1,4 DL
- b. 1,2 DL + 1,6 LL
- c. 1,2 DL + 1,0 LL + 1,6 W
- d. 0,9 DL + 1,6 W

Dimana:

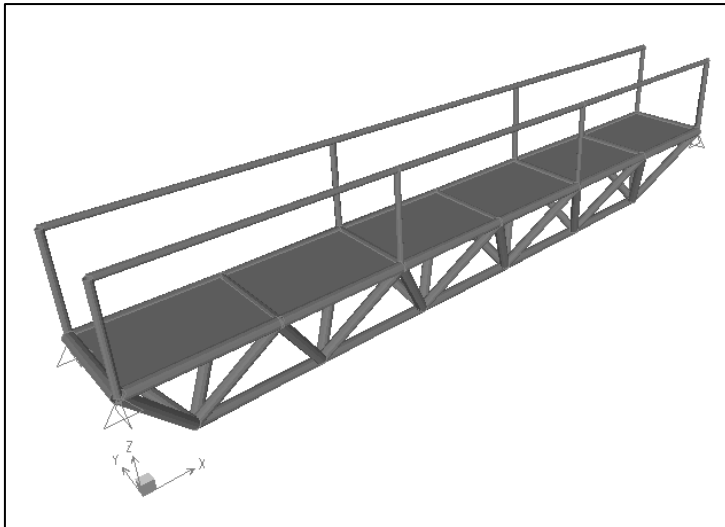
DL = beban mati dan berat sendiri struktur

LL = beban hidup merata pada struktur

W = beban akibat oleh angin pada struktur

6.1.2 Permodelan Struktur Catwalk

Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan SAP 2000 v14.2.2. Melalui program bantu tersebut didapatkan hasil berupa gaya – gaya yang bekerja akibat beban pada catwalk. Untuk pemodelan struktur catwalk dapat dilihat pada Gambar 6.3 dan hasil output gaya dalamnya dapat dilihat pada Tabel 6.1, Tabel 6.2, Tabel 6.3 dan Tabel 6.4.



Gambar 6.3 – Permodelan *Catwalk* pada SAP 2000

Tabel 6.1- Output Gaya – Gaya Dalam Catwalk 10 Meter

Gaya	Frame/Joint	Nilai	
P (tarik)	70	10,820	ton
V 2-2	68	0,142	ton
M 3-3	71	0,101	ton.m
U	50	0,0013	m
Reaksi Perletakan	1,6,19,24	3,143	ton

Tabel 6.2 - Output Gaya – Gaya Dalam Catwalk 14 Meter

Gaya	Frame/Joint	Nilai	
P (tarik)	70	20,482	ton
V 2-2	68	0,170	ton
M 3-3	73	0,085	ton.m
U	51	0,0035	m
Reaksi Perletakan	1,8,17,24	4,122	ton

Tabel 6.3 - Output Gaya – Gaya Dalam Catwalk 16 Meter

Gaya	Frame/Joint	Nilai	
P (tarik)	71	28,193	ton
V 2-2	7	0,190	ton
M 3-3	5	0,164	ton.m
U	5	0,0057	m
Reaksi Perletakan	1,10,11,24	4,852	ton

Tabel 6.4 - Output Gaya – Gaya Dalam Catwalk 22 Meter

Gaya	Frame/Joint	Nilai	
P (tarik)	72	52,003	ton
V 2-2	77	0,238	ton
M 3-3	6	0,261	ton.m
U	53	0,017	m
Reaksi Perletakan	1,12,13,24	6,561	ton

6.1.3 Kontrol Struktur Catwalk

a. Kontrol Balok Utama Catwalk (10 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2-1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{219,1}{10} = 21,91$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{f_y} = 0,0448 \frac{2100000}{2500} = 37,62$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4-1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{200}{7,40} = 27,03$$

$$= 27,03 < 200 \dots \text{Ok}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 65,72 \times 2500$$

$$\Phi P_n = 147870 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 65,72 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0,75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 65,72 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 202089 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 147870 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 10820 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol Momen

S = Modulus penampang elastis

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(219,1^4 - 200,1^4)}{32(219,1)}$$

$$S = 314,22 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} Z &= \text{Modulus penampang plastis} \\ &= D^2 t - 2Dt^2 + 4/3 t^3 \\ &= 219,1^2 \times 10 - 2 \times 219,1 \times 10^2 + 4/3 \times 10^3 \\ &= 437561,4 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$Z = 437,561 \text{ cm}^3$$

Momen Leleh

$$M_n = S \cdot f_y$$

$$M_n = 314,22 \times 2500$$

$$M_n = 785550 \text{ Kgcm} = 7855,5 \text{ Kgm (menentukan)}$$

Momen Plastis

$$M_n = Z \cdot 1,5 f_y$$

$$M_n = 437,561 \times 1,5 \times 2500$$

$$M_n = 1640853,75 \text{ Kgcm} = 16408,54 \text{ Kgm}$$

$$M_n = 16408,54 \text{ Kgm} > M_u = 101 \text{ Kgm} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{f_y} = 0,114 \frac{2100000}{2500} = 95,76$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 200}{11 \pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 0,199$$

$$\lambda_c < \lambda_r \text{ maka } Q = 1$$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,162)^2}) 2500 = 2472,69 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 2472,69 \times 65,72$$

$$P_n = 138129,4 \text{ Kg}$$

$$P_n = 138128,4 \text{ Kg} > P_{\text{actual}} = 10820 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot \frac{A_g}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 2472,69 \times \frac{65,72}{2}$$

$$V_n = 73127,33 \text{ Kg}$$

$$V_n = 73127,33 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 142 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{10820}{65,72} + \frac{10100}{437,561} = 187,72 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 2500 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{aktual}} = 187,72 \text{ Kg/cm}^2 \dots \text{Ok}$$

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{2}{180} = 0,011 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,011 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,0013 \text{ m}$$

b. Kontrol Kerangka Utama Catwalk (10 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2-1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{88,9}{4,8} = 18,52$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{f_y} = 0,0448 \frac{2100000}{2500} = 37,62$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4-1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{180}{2,98} = 60,40$$

$$= 60,40 < 200 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 12,7 \times 2500$$

$$\Phi P_n = 28575 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 10,69 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0,75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 12,7 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 39052,5 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 28575 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 3470 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol Momen

S = Modulus penampang elastis

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(88,9^4 - 84,1^4)}{32(88,9)}$$

$$S = 13,733 \text{ cm}^3$$

Z = Modulus penampang plastis

$$= D^2 t - 2Dt^2 + 4/3 t^3$$

$$= 88,9^2 \times 4,8 - 2 \times 88,9 \times 4,8^2 + 4/3 \times 4,8^3$$

$$= 36034,6 \text{ mm}^3$$

$$Z = 36,035 \text{ cm}^3$$

Momen Leleh

$$M_n = S \cdot f_y$$

$$M_n = 13,733 \times 2500$$

$$M_n = 34332,5 \text{ Kgcm} = 343,32 \text{ Kgm (menentukan)}$$

Momen Plastis

$$M_n = Z \cdot 1,5 f_y$$

$$M_n = 36,035 \times 1,5 \times 2500$$

$$M_n = 135131,25 \text{ Kgcm} = 1351,31 \text{ Kgm}$$

$$M_n = 1351,31 \text{ Kgm} > M_u = 20 \text{ Kgm} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{f_y} = 0,114 \frac{2100000}{2500} = 95,76$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 180}{11 \pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 1,98$$

$$\lambda_c < \lambda_r \text{ maka } Q = 1$$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,162)^2}) 2500 = 1622,084 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 1622,084 \times 10,69$$

$$P_n = 14739,066 \text{ Kg}$$

$$P_n = 14739,066 \text{ Kg} > P_{\text{actual}} = 3470 \text{ Kg} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot \frac{A_g}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 1622,084 \times \frac{12,70}{2}$$

$$V_n = 9270,21 \text{ Kg}$$

$$V_n = 9270,21 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 30 \text{ Kg} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{3470}{12,70} + \frac{2000}{36,035} = 328,73 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 2500 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{aktual}} = 328,73 \text{ Kg/cm}^2 \dots \text{Ok}$$

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{1,8}{180} = 0,01 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,01 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,0013 \text{ m}$$

c. Kontrol Balok Utama Catwalk (14 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2-1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{219,1}{10} = 21,91$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{f_y} = 0,0448 \frac{2100000}{2500} = 37,62$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4-1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{200}{7,40} = 27,03$$

$$= 27,03 < 200 \dots \text{Ok}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 65,72 \times 2500$$

$$\Phi P_n = 147870 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 65,72 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0,75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 65,72 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 202089 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 147870 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 20482 \text{ Kg} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol Momen

S = Modulus penampang elastis

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(219,1^4 - 200,1^4)}{32(219,1)}$$

$$S = 314,22 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \text{Modulus penampang plastis} \\
 &= D^2 t - 2 D t^2 + 4/3 t^3 \\
 &= 219,1^2 \times 10 - 2 \times 219,1 \times 10^2 + 4/3 \times 10^3 \\
 &= 437561,4 \text{ mm}^3 \\
 Z &= 437,561 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Momen Leleh

$$M_n = S \cdot f_y$$

$$M_n = 314,22 \times 2500$$

$$M_n = 785550 \text{ Kgcm} = 7855,5 \text{ Kgm (menentukan)}$$

Momen Plastis

$$M_n = Z \cdot 1,5 f_y$$

$$M_n = 437,561 \times 1,5 \times 2500$$

$$M_n = 1640853,75 \text{ Kgcm} = 16408,54 \text{ Kgm}$$

$$M_n = 16408,54 \text{ Kgm} > M_u = 143 \text{ Kgm} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{f_y} = 0,114 \frac{2100000}{2500} = 95,76$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 200}{11 \pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 0,199$$

$$\lambda_c < \lambda_r \text{ maka } Q = 1$$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,199)^2}) 2500 = 2472,69 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 2472,69 \times 65,72$$

$$P_n = 138129,4 \text{ Kg}$$

$$P_n = 138128,4 \text{ Kg} > P_{\text{actual}} = 20482 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot \frac{Ag}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 2472,69 \times \frac{65,72}{2}$$

$$V_n = 73127,33 \text{ Kg}$$

$$V_n = 73127,33 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 170 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{20482}{65,72} + \frac{14300}{437,561} = 314,92 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 2500 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{aktual}} = 314,92 \text{ Kg/cm}^2 \dots \text{Ok}$$

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{2}{180} = 0,011 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,011 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,0035 \text{ m}$$

d. Kontrol Kerangka Utama Catwalk (14 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2–1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{88,9}{4,8} = 18,52$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{f_y} = 0,0448 \frac{2100000}{2500} = 37,62$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4–1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{180}{2,98} = 60,40$$

$$= 60,40 < 200 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 12,7 \times 2500$$

$$\Phi P_n = 28575 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 10,69 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0,75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 12,7 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 39052,5 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 28575 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 4735 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol Momen

S = Modulus penampang elastis

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(88,9^4 - 84,1^4)}{32(88,9)}$$

$$S = 13,733 \text{ cm}^3$$

Z = Modulus penampang plastis

$$= D^2 t - 2Dt^2 + 4/3 t^3$$

$$\begin{aligned}
 &= 88,9^2 \times 4,8 - 2 \times 88,9 \times 4,8^2 + 4/3 \times 4,8^3 \\
 &= 36034,6 \text{ mm}^3 \\
 Z &= 36,035 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Momen Leleh

$$M_n = S \cdot f_y$$

$$M_n = 13,733 \times 2500$$

$$M_n = 34332,5 \text{ Kgcm} = 343,32 \text{ Kgm (menentukan)}$$

Momen Plastis

$$M_n = Z \cdot 1,5 f_y$$

$$M_n = 36,035 \times 1,5 \times 2500$$

$$M_n = 135131,25 \text{ Kgcm} = 1351,31 \text{ Kgm}$$

$$M_n = 1351,31 \text{ Kgm} > M_u = 24 \text{ Kgm} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{f_y} = 0,114 \frac{2100000}{2500} = 95,76$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 180}{11 \pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 1,98$$

$$\lambda_c < \lambda_r \text{ maka } Q = 1$$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,162)^2}) 2500 = 1622,084 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 1622,084 \times 10,69$$

$$P_n = 14739,066 \text{ Kg}$$

$$P_n = 14739,066 \text{ Kg} > P_{\text{actual}} = 4735 \text{ Kg} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 F_{cr} \cdot \frac{A_g}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 1622,084 \times \frac{12,70}{2}$$

$$V_n = 9270,21 \text{ Kg}$$

$$V_n = 9270,21 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 34 \text{ Kg} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{4735}{12,70} + \frac{2400}{36,035} = 439,44 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_{\text{ijin}} = 2500 \text{ Kg/cm}^2$$

....Ok

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{1,8}{180} = 0,01 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,01 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,0035 \text{ m}$$

e. Kontrol Balok Utama Catwalk (16 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2-1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{219,1}{10} = 21,91$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{f_y} = 0,0448 \frac{2100000}{2500} = 37,62$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4-1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{200}{7,40} = 27,03$$

$$= 27,03 < 200 \dots \text{Ok}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 65,72 \times 2500$$

$$\Phi P_n = 147870 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 65,72 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0,75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 65,72 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 202089 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 147870 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 28193 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol Momen

S = Modulus penampang elastis

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(219,1^4 - 200,1^4)}{32(219,1)}$$

$$S = 314,22 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \text{Modulus penampang plastis} \\
 &= D^2 t - 2 D t^2 + 4/3 t^3 \\
 &= 219,1^2 \times 10 - 2 \times 219,1 \times 10^2 + 4/3 \times 10^3 \\
 &= 437561,4 \text{ mm}^3 \\
 Z &= 437,561 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Momen Leleh

$$M_n = S \cdot f_y$$

$$M_n = 314,22 \times 2500$$

$$M_n = 785550 \text{ Kgcm} = 7855,5 \text{ Kgm (menentukan)}$$

Momen Plastis

$$M_n = Z \cdot 1,5 f_y$$

$$M_n = 437,561 \times 1,5 \times 2500$$

$$M_n = 1640853,75 \text{ Kgcm} = 16408,54 \text{ Kgm}$$

$$M_n = 16408,54 \text{ Kgm} > M_u = 164 \text{ Kgm} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{f_y} = 0,114 \frac{2100000}{2500} = 95,76$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 200}{11 \pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 0,199$$

$$\lambda_c < \lambda_r \text{ maka } Q = 1$$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,199)^2}) 2500 = 2472,69 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 2472,69 \times 65,72$$

$$P_n = 138129,4 \text{ Kg}$$

$$P_n = 138128,4 \text{ Kg} > P_{\text{actual}} = 28193 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot \frac{Ag}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 2472,69 \times \frac{65,72}{2}$$

$$V_n = 73127,33 \text{ Kg}$$

$$V_n = 73127,33 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 190 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{28193}{65,72} + \frac{16400}{437,561} = 466,47 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 2500 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{aktual}} = 466,47 \text{ Kg/cm}^2 \dots \text{Ok}$$

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{2}{180} = 0,011 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,011 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,0057 \text{ m}$$

f. Kontrol Kerangka Utama Catwalk (16 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2-1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{88,9}{4,8} = 18,52$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{f_y} = 0,0448 \frac{2100000}{2500} = 37,62$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4-1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{180}{2,98} = 60,40$$

$$= 60,40 < 200 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 12,7 \times 2500$$

$$\Phi P_n = 28575 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 10,69 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0,75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 12,7 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 39052,5 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 28575 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 5674 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol Momen

S = Modulus penampang elastis

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(88,9^4 - 84,1^4)}{32(88,9)}$$

$$S = 13,733 \text{ cm}^3$$

Z = Modulus penampang plastis

$$= D^2 t - 2Dt^2 + 4/3 t^3$$

$$= 88,9^2 \times 4,8 - 2 \times 88,9 \times 4,8^2 + 4/3 \times 4,8^3$$

$$= 36034,6 \text{ mm}^3$$

$$Z = 36,035 \text{ cm}^3$$

Momen Leleh

$$M_n = S \cdot f_y$$

$$M_n = 13,733 \times 2500$$

$$M_n = 34332,5 \text{ Kgcm} = 343,32 \text{ Kgm (menentukan)}$$

Momen Plastis

$$M_n = Z \cdot 1,5 f_y$$

$$M_n = 36,035 \times 1,5 \times 2500$$

$$M_n = 135131,25 \text{ Kgcm} = 1351,31 \text{ Kgm}$$

$$M_n = 1351,31 \text{ Kgm} > M_u = 29 \text{ Kgm} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{f_y} = 0,114 \frac{2100000}{2500} = 95,76$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 180}{11 \pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 1,98$$

$$\lambda_c < \lambda_r \text{ maka } Q = 1$$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,162)^2}) 2500 = 1622,084 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 1622,084 \times 10,69$$

$$P_n = 14739,066 \text{ Kg}$$

$$P_n = 14739,066 \text{ Kg} > P_{\text{actual}} = 5674 \text{ Kg} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 F_{cr} \cdot \frac{A_g}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 1622,084 \times \frac{12,70}{2}$$

$$V_n = 9270,21 \text{ Kg}$$

$$V_n = 9270,21 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 40 \text{ Kg} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{5674}{12,70} + \frac{2900}{36,035} = 527,25 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_{\text{ijin}} = 2500 \text{ Kg/cm}^2$$

....Ok

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{1,8}{180} = 0,01 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,01 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,0057 \text{ m}$$

g. Kontrol Balok Utama Catwalk (22 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2-1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{219,1}{10} = 21,91$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{f_y} = 0,0448 \frac{2100000}{2500} = 37,62$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4-1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{200}{7,40} = 27,03$$

$$= 27,03 < 200 \dots \text{Ok}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 65,72 \times 2500$$

$$\Phi P_n = 147870 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 65,72 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0,75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 65,72 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 202089 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 147870 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 55003 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol Momen

S = Modulus penampang elastis

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(219,1^4 - 200,1^4)}{32(219,1)}$$

$$S = 314,22 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \text{Modulus penampang plastis} \\
 &= D^2 t - 2 D t^2 + 4/3 t^3 \\
 &= 219,1^2 \times 10 - 2 \times 219,1 \times 10^2 + 4/3 \times 10^3 \\
 &= 437561,4 \text{ mm}^3 \\
 Z &= 437,561 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Momen Leleh

$$M_n = S \cdot f_y$$

$$M_n = 314,22 \times 2500$$

$$M_n = 785550 \text{ Kgcm} = 7855,5 \text{ Kgm (menentukan)}$$

Momen Plastis

$$M_n = Z \cdot 1,5 f_y$$

$$M_n = 437,561 \times 1,5 \times 2500$$

$$M_n = 1640853,75 \text{ Kgcm} = 16408,54 \text{ Kgm}$$

$$M_n = 16408,54 \text{ Kgm} > M_u = 261 \text{ Kgm} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{f_y} = 0,114 \frac{2100000}{2500} = 95,76$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 200}{11 \pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 0,199$$

$$\lambda_c < \lambda_r \text{ maka } Q = 1$$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,199)^2}) 2500 = 2472,69 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 2472,69 \times 65,72$$

$$P_n = 138129,4 \text{ Kg}$$

$$P_n = 138128,4 \text{ Kg} > P_{\text{actual}} = 55003 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot \frac{A_g}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 2472,69 \times \frac{65,72}{2}$$

$$V_n = 73127,33 \text{ Kg}$$

$$V_n = 73127,33 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 238 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{52003}{65,72} + \frac{26100}{437,561} = 850,93 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 2500 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{aktual}} = 850,93 \text{ Kg/cm}^2 \dots \text{Ok}$$

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{2}{180} = 0,011 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,011 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,0071 \text{ m}$$

h. Kontrol Kerangka Utama Catwalk (22 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2-1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{88,9}{4,8} = 18,52$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{f_y} = 0,0448 \frac{2100000}{2500} = 37,62$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4-1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{180}{2,98} = 60,40$$

$$= 60,40 < 200 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 12,7 \times 2500$$

$$\Phi P_n = 28575 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 10,69 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0,75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 12,7 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 39052,5 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 28575 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 7874 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol Momen

S = Modulus penampang elastis

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(88,9^4 - 84,1^4)}{32(88,9)}$$

$$S = 13,733 \text{ cm}^3$$

Z = Modulus penampang plastis

$$= D^2 t - 2Dt^2 + 4/3 t^3$$

$$= 88,9^2 \times 4,8 - 2 \times 88,9 \times 4,8^2 + 4/3 \times 4,8^3$$

$$= 36034,6 \text{ mm}^3$$

$$Z = 36,035 \text{ cm}^3$$

Momen Leleh

$$M_n = S \cdot f_y$$

$$M_n = 13,733 \times 2500$$

$$M_n = 34332,5 \text{ Kgcm} = 343,32 \text{ Kgm (menentukan)}$$

Momen Plastis

$$M_n = Z \cdot 1,5 f_y$$

$$M_n = 36,035 \times 1,5 \times 2500$$

$$M_n = 135131,25 \text{ Kgcm} = 1351,31 \text{ Kgm}$$

$$M_n = 1351,31 \text{ Kgm} > M_u = 40 \text{ Kgm} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{f_y} = 0,114 \frac{2100000}{2500} = 95,76$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 180}{11 \pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 1,98$$

$$\lambda_c < \lambda_r \text{ maka } Q = 1$$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,162)^2}) 2500 = 1622,084 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 1622,084 \times 10,69$$

$$P_n = 14739,066 \text{ Kg}$$

$$P_n = 14739,066 \text{ Kg} > P_{\text{actual}} = 7874 \text{ Kg} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot \frac{A_g}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 1622,084 \times \frac{12,70}{2}$$

$$V_n = 9270,21 \text{ Kg}$$

$$V_n = 9270,21 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 52 \text{ Kg} \dots \text{Ok}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{7874}{12,70} + \frac{4000}{36,035} = 731,003 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_{\text{ijin}} = 2500 \text{ Kg/cm}^2$$

....Ok

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{1,8}{180} = 0,01 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,01 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,0071 \text{ m}$$

i. Perencanaan Las

Perhitungan sambungan

Baja : Bj 41

Las : F_{E90XX}Missal : $t_e = 0,3 \text{ cm}$ A = $65,72 \text{ cm}^2$

Kuat rencana las:

Rn las = $0,6 \times 90 \times 70,3 \times 0,4 = 1518,48 \text{ kg/cm}^2$ Rn baja = $0,6 \times 4100 \times 0,6 = 1476 \text{ kg/cm}^2$

Kuat < Kuat rencana las

Maka, digunakan bahan las Fe90xx dengan tebal 0,4 cm

Perhitungan sambungan

Baja : Bj 41

Las : F_{E90XX}Missal : $t_e = 0,3 \text{ cm}$ A = $12,70 \text{ cm}^2$

Kuat rencana las:

Rn las = $0,6 \times 90 \times 70,3 \times 0,3 = 1138,86 \text{ kg/cm}^2$ Rn baja = $0,6 \times 4100 \times 0,4 = 984 \text{ kg/cm}^2$

Kuat mutu baja < Kuat rencana las

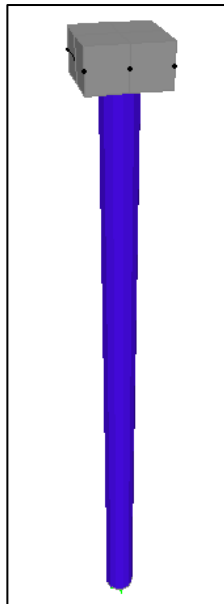
Maka, digunakan bahan las Fe90xx dengan tebal 0,3 cm

6.1.4 Perhitungan Pilar

Pilar berfungsi untuk menopang catwalk dan membagi catwalk agar tidak panjang. Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan SAP 2000 v14.2.2. Melalui program bantu tersebut didapatkan hasil berupa gaya – gaya yang bekerja. untuk output gaya – gaya dalam hasil analisa dengan program SAP 2000 dapat dilihat pada Tabel 6.5 dan pemodelan dapat dilihat pada Gambar 6.4.

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Dimensi poer : 2 meter x 2 meter
- Tebal poer : 1 meter
- Diameter pancang : 1 meter



Gambar 6.4 – Permodelan Pilar pada program SAP 2000

Tabel 6.5 - Output Gaya – Gaya Dalam Pilar

Gaya	Nilai	
P(tarik)	-	Ton
P(tekan)	21,15	Ton
V 2-2	0,134	ton
M 3-3	2,682	ton.m
U	0,0023	m

a. Perhitungan penulangan

Panjang = 200 cm

Lebar = 200 cm

Tinggi(h)= 100 cm

deck (d) = 7 cm

D tulangan lentur = 19 mm (As = 283,53 mm²)

D tulangan samping = 13 mm (As = 132,732 mm²)

Data bahan

Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1/3 \sigma'_{bk} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Eb = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ea = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{110851,252} = 18,944$$

ϕ_0 = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma' a}{n \cdot \sigma b} = \frac{1850}{18,944 \times 100} = 0,976$$

Perhitungan tinggi manfaat

$$\begin{aligned} h_x &= h - d - \phi_{tul-lentur} - 0,5 \phi_{tul-lentur} \\ &= 100 - 7 - 2,5 - 0,5 \cdot 25 \\ &= 89,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari hasil SAP 2000 untuk momen pada pelat didapatkan :

$$M_t = M_l = 268200 \text{ kg.cm}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan. Untuk $h/b = 1/2 = 0,5 > 0,4$, sehingga pilar didesain sebagai balok dengan $\delta = 0,4$.

Penulangan

$$M_t = M_l = 268200 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,976$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{89,25}{\sqrt{\frac{18,944 \times 268200}{100 \times 1850}}} = 17,04$$

Dengan menggunakan nilai $\delta = 0,4$ dan $Ca = 17,04$ dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 8,091$$

$$100n\omega = 0,683$$

$$\omega = 0,00036$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,00036 \times 100 \times 88,65 \\ &= 3,22 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 2-D19 dengan luas (5,67 cm²)

Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} A' &= \delta A_s \\ &= 0,4 \times 5,67 = 2,268 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 2-D19 dengan luas (5,67 cm²).

Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$A_{sd} = 10\% \times 5,67 \text{ cm}^2 = 0,567 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D13 dengan luas (2,65 cm²)

b. Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

$\alpha = 1$ (batang yang diprofilkan)

$c = 7 \text{ cm}$ (tebal beton decking)

$$\begin{aligned} w_{\text{bar}} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan} \\ &= \frac{1}{4} \pi \times 0,019^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 2,226 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 11 \sqrt{2,226} = 16,41 \text{ mm} = 1,641 \text{ cm}$$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

A = Luas tulangan tarik

B_t = Luas penampang beton yang tertarik

$$= 100 \times 89,25 \text{ cm}$$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{5,67}{100 \times 89,25} = 0,00064$$

$$\sigma_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

maka besar retakanan yang didapat

$$\begin{aligned} w &= 1 \left(1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{16,41}{0,00064} \right) \left(1850 - \frac{30}{0,00064} \right) 10^{-6} \\ &= -9,58 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{Ok} \end{aligned}$$

c. Kontrol geser pons

Pada struktur mooring dolphin, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus:

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm} \quad (\text{PBI 71 11.9.(2)})$$

Dimana:

P = gaya aksial pelat dari tiang pancang

c = diameter tiang pancang

ht = tinggi total pelat atau poer

τ_{bm} = tegangan ijin beton ($0,65\sqrt{\sigma'_{bk}}$)

Sehingga:

$$\tau_{bp} = \frac{21,150 \times 10^3}{\pi \cdot (101,6 + 100) \cdot 100} \leq 0,65\sqrt{300}$$

$$\tau_{bp} = 0,334 \text{ kg/cm}^2 \leq 11,258 \text{ kg/cm}^2$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin beton, maka poer dikatakan aman dari gaya pons atau keruntuhan akibat pons.

d. Rekap Penulangan

Dari perhitungan diatas maka penulangan yang didapat dapat dilihat pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 - Rekap Penulangan Poer pada Pilar

segmen	Tulangan Utama	Tulangan Samping
tumpuan	2-D19	2-D13
lapangan	2-D19	

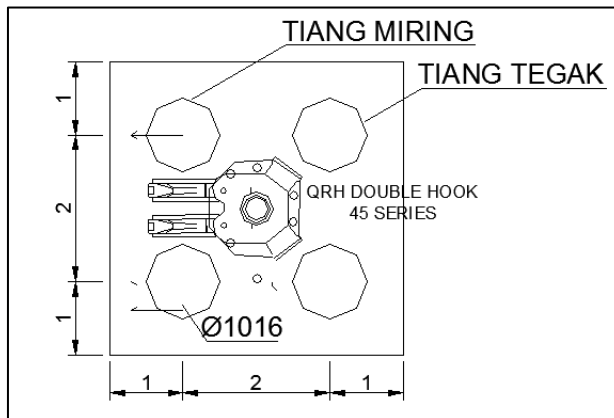
6.2 Perhitungan Mooring Dolphin 1

6.2.1 Perencanaan Awal (preliminary desain)

Dalam tugas akhir ini Mooring Dolphin 1 direncanakan dengan konfigurasi sebagai berikut :

- Panjang : 4,00 m
- Lebar : 4,00 m
- Tebal pile cap : 1,20 m
- Kemiringan : 8:1
- Elevasi : + 3.50 mLWS
- Seabed : -8.00 mLWS
- Spec.Steel pile : Steel pipe pile Ø1016,0 mm t=19mm

Jarak antar tiang pancang = 2 diameter tiang pancang maka perlu menghitung pengaruh dari dari sebuah *group* untuk perhitungan daya dukung batas. Layout mooring dolphin dapat dilihat pada Gambar 6.5.



Gambar 6.5 – Layout Mooring Dolphin 1

6.2.2 Pembebanan Struktur Mooring Dolphin

a. Beban Vertikal

- Beban sendiri konstruksi poer
Berat jenis beton bertulang diambil sebesar 2.9 t/m^3 .
Untuk berat sendiri poer sudah terakumulasi secara otomatis oleh program SAP 2000 V14.0.0 dan diidentifikasi sebagai beban mati.
- Berat bollard
Berat bollard diambil sebesar 1,439 ton sebagai beban mati
- Beban Hidup terbagi rata
Akibat air hujan 5 cm sebesar $= 0,05 \text{ ton/m}^2$
Beban pangkalan (base load) $= 0,50 \text{ ton/m}^2$
- Beban Catwalk
Beban catwalk yang digunakan sebesar 6,56 ton

b. Beban Horizontal

- Bollard
Gaya tarik bollard = 45 ton sebagai beban hidup.
- Beban gempa
- Perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spectrum menurut SNI 03-1726-2012 untuk daerah Bontang dengan kondisi tanah sedang menggunakan program SAP2000 V14.0.0.

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi yang dipergunakan dalam perencanaan struktur mooring dolphin adalah sebagai berikut :

- a. $1,0 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL}$
- b. $1,0 \text{ DL} + 1,0 \text{ B}$
- c. $1,0 \text{ DL} + 0,5 \text{ LL} + \text{Ex} + 0,3\text{Ey} + 1,0 \text{ B}$
- d. $1,0 \text{ DL} + 0,5 \text{ LL} + 0,3\text{Ex} + \text{Ey} + 1,0 \text{ B}$

Dimana:

DL = beban mati dan berat sendiri struktur

LL = beban hidup merata pada struktur

- B = beban tarik kapal pada bollard
 Ex = beban gempa arah X
 Ey = beban gempa arah Y

6.2.3 Titik Jepit Tiang Pancang

Data Tiang Pancang

Tiang pancang baja yang dipergunakan adalah tiang pancang baja JIS A 5525 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mutu baja = BJ 50
- Kuat putus (f_u) = 5000 kg/cm²
- Kuat leleh (f_y) = 2900 kg/cm²
- Diameter = 1016 mm
- Ketebalan dinding (t) = 19 mm
- Luas penampang (A) = 595,10 cm²
- Berat (W) = 457 kg/m
- Momen inersia (I) = 740 x 10³ cm⁴
- Modulus penampang = 146 x 10² cm³
- Jari – jari girasi (r) = 35,20 cm
- Modulus Young (E) = 2100000 kg/cm²

Untuk jenis tanah Normally Consolidated dan granular soil atau yang mempunyai kenaikan linier harga modulus digunakan persamaan :

$$Z_f = 1,8T$$

$$T = \sqrt[5]{EI/nh} ;$$

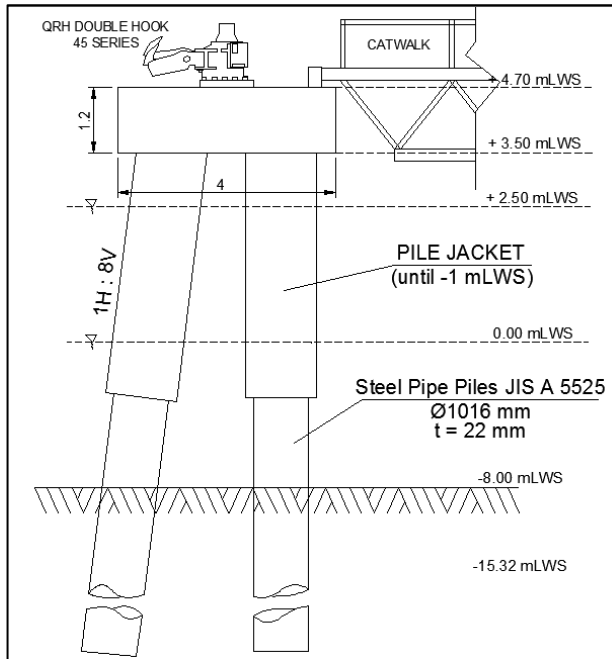
nh sebesar 1,4 MN/m³ = 0,14 kg/cm³ untuk tanah *loose submerged soil*

$$\text{Sehingga } T = \sqrt[5]{\frac{2100000 \times 740000}{0,14}} = 406 \text{ cm} = 4,06 \text{ m}$$

$$Z_f = 1.8 \times 4,06 \text{ m}$$

$Z_f = 7,32 \text{ m}$ di bawah *seabed* atau -15,32 mLWS (setelah pekerjaan pengerukan)

Letak titik jepit tiang ini berada pada kedalaman -15,32 m LWS (lihat Gambar 6.6).



Gambar 6.6 – Titik Jepit Tiang Pancang

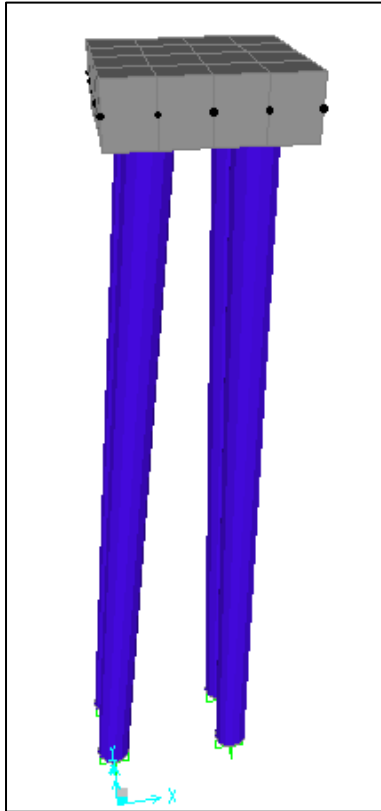
6.2.4 Permodelan Struktur SAP 2000

Pada perencanaan struktur mooring dolphin ini, konfigurasi tiang pancang yang dipergunakan adalah tiang pancang miring dengan perbandingan 8:1. Hasil analisa gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang diperoleh dari analisa struktur dengan menggunakan SAP 2000 (lihat Tabel 6.7 dan Gambar 6.7).

Tabel 6.7 – Hasil Output SAP 2000

Tipe Tiang	Beban	Nilai	Satuan
Tiang Tegak	P (Tekan)	-7,34	tonf
	P (Tarik)	31,21	tonf
	V	4,59	tonf
	M maks (ujung bawah)	47,03	tonf-m
Tiang Miring	P (Tekan)	-91,77	tonf
	P (Tarik)	-	tonf
	V	-4,99	tonf
	M maks (ujung bawah)	-48,13	tonf-m
	U	-0,019	m

(Sumber : Hasil Perhitungan SAP2000v14.2.2)



Gambar 6.7 – Permodelan pada program SAP 2000

Berikut perhitungan manual pembebanan yang terjadi pada mooring dolphin:

$$\begin{aligned} q_u &= DL + LL \\ &= 2900 \text{ kg/m}^2 + 550 \text{ kg/m}^2 \\ &= 3450 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan gaya – gaya dalam

Untuk menganalisa gaya gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBTI 1971). Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit elastis.

Nilai X pelat didapat dari tabel 13.3.1 PBTI-1971

$$\begin{aligned} q_u &= 3450 \text{ kg/m}^2 = 34,5 \text{ kg/cm}^2 \\ L_n &= 4 \text{ m} \\ S_n &= 4 \text{ m} \\ \beta &= \frac{L_n}{S_n} = \frac{4}{4} = 1 < 2 \text{ (pelat dua arah)} \end{aligned}$$

Maka nilai x dengan $\beta=1$ adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{tx} &= - 0,001 \times q \times l_x^2 \times X & (X = 44) \\ M_{lx} &= + 0,001 \times q \times l_x^2 \times X & (X = 44) \\ M_{ty} &= - 0,001 \times q \times l_y^2 \times X & (X = 44) \\ M_{ly} &= + 0,001 \times q \times l_y^2 \times X & (X = 44) \end{aligned}$$

Maka momen yang didapat :

$$\begin{aligned} M_{tx} &= - 0,001 \times 34,5 \times 400^2 \times 44 = - 242880 \text{ kg.cm} \\ M_{lx} &= + 0,001 \times 34,5 \times 400^2 \times 44 = 242880 \text{ kg.cm} \\ M_{ty} &= - 0,001 \times 34,5 \times 400^2 \times 44 = - 242880 \text{ kg.cm} \\ M_{ly} &= + 0,001 \times 34,5 \times 400^2 \times 44 = 242880 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

6.2.5 Perhitungan Struktur Atas *Mooring Dolphin 1*

Perhitungan Poer (Pile Cap)

Data perencanaan *poer*, sebagai berikut :

Panjang (b)	= 400 cm
Lebar (h)	= 400 cm
Tinggi (t)	= 120 cm
Selimut beton (d)	= 7 cm

Data bahan :

<i>Mutu Beton :</i>	σ'_{bk}	= 300 kg/cm ²
	σ_b	= 100 kg/cm ²
	E _b	= 110851,25 kg/cm ²
<i>Mutu Baja :</i>	σ_{au}	= 320 Mpa
	σ'_{au}	= 2780 kg/cm ²
	σ_a	= 1850 kg/cm ²
	E _a	= 2,1x10 ⁶ kg/cm ²

D tulangan lentur = 19 mm (As = 283,53 mm²)

D tulangan samping = 13 mm (As = 132,732 mm²)

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas
baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{110851,25} = 18,94$$

ϕ_o = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n
kali tegangan tekan beton di serat yang paling
tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_o = \frac{\sigma_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{18,944 \cdot 100} = 0,976$$

$$\begin{aligned} h_x &= h - d - 0,5 D \\ &= 120 - 7 - (0,5 \times 2,5) \\ &= 111,7 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_y &= h - d - D - 0,5 D \\ &= 120 - 7 - 2,5 - (0,5 \times 2,5) \\ &= 109,29 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Penulangan poer arah X

Dari hasil SAP2000 v.14.2.2 untuk momen pada pelat dipakai momen M11 pada pelat :

$$M_{tx} = -3513328 \text{ kg.cm}$$

$$M_{lx} = 3513328 \text{ kg.cm}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan.

$$\begin{aligned} C_a &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{111,70 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{18,92 \times 3513328 \text{ kg.cm}}{100 \text{ cm} \times 1850}}} \\ &= 5,89 \end{aligned}$$

Poer ini didesain dengan menggunakan $\delta = 0$ (asumsi pelat) dengan $C_a = 5,89$ dari tabel perhitungan cara “n” lentur didapatkan :

$$\Phi = 3,484$$

$$\Phi > \phi_o = 0,976 \quad (\text{Ok})$$

$$100n\omega = 3,2$$

Sehingga,

$$\omega = 3,2 / (100 \times 18,92) = 0,00169$$

Tulangan Tarik :

Dipasang :

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,00169 \times 100 \times 111,70$$

$$= 18,892 \text{ cm}^2 = 1889,2 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D19 - 125 ($A_{s \text{ pakai}} = 1984,70 \text{ mm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$As_d = 10\% \times 1984,70 = 198,47 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D13 - 250 ($As_{\text{pakai}} = 265,465 \text{ mm}^2$)

b. Penulangan poer arah Y

Dari hasil SAP2000 v.14.2.2 untuk momen pada pelat dipakai momen M22 pada pelat :

$$M_{tx} = -1553983 \text{ kg.cm}$$

$$M_{lx} = 1553983 \text{ kg.cm}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan.

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{109,25 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{18,92 \times 1553983 \text{ kg.cm}}{100 \text{ cm} \times 1850}}} = 8,77$$

Poer ini didesain dengan menggunakan $\delta = 0$ (asumsi pelat) dengan $Ca = 8,77$ dari tabel perhitungan cara “n” lentur didapatkan :

$$\Phi = 5,536$$

$$\Phi > \phi_o = 0,976 \quad (\text{Ok})$$

$$100n\omega = 1,386$$

Sehingga,

$$\omega = 4,404 / (100 \times 18,92) = 0,00073$$

Tulangan Tarik :

Dipasang :

$$As = \omega b h$$

$$= 0,00073 \times 100 \times 109,25$$

$$= 8,078 \text{ cm}^2 = 807,871 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D19 - 250 ($As_{\text{pakai}} = 850,57 \text{ mm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$Asd = 10\% \times 850,57 = 85,057 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D13 - 250 ($As_{\text{pakai}} = 265,465 \text{ mm}^2$)

Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retakan pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

$\alpha = 1$ (batang yang diprofilkan)

$c = 7 \text{ cm}$ (tebal beton decking)

$$\begin{aligned} w_{\text{bar}} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan} \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,019^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 2,226 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 11 \sqrt{2,226} = 16,41 \text{ mm} = 16,41 \text{ cm}$$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$A =$ Luas tulangan tarik

$B_t =$ Luas penampang beton yang tertarik

$$= 100 \times 111,90 \text{ cm}$$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{19,85}{100 \times 111,90} = 0,0018$$

$$\sigma_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

maka besar retakanan yang didapat

$$\begin{aligned} w &= 1 (1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{16,41}{0,0018}) (1850 - \frac{30}{0,0018}) 10^{-6} \\ &= -1,57 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kontrol Geser Pons

Pada struktur breasting dolphin, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer dan kemungkinan besar terjadi plong pada poer tersebut. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus:

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm} \quad (\text{PBI 71 11.9.(2)})$$

Dimana:

P = gaya aksial pelat dari tiang pancang

c = diameter tiang pancang

ht = tinggi total pelat atau poer

τ_{bm} = tegangan ijin beton ($0,65\sqrt{\sigma'_{bk}}$)

Sehingga:

$$\tau_{bp} = \frac{91,77 \times 10^3}{\pi \cdot (10,16 + 120) \cdot 120} \leq 0,65\sqrt{300}$$

$$\tau_{bp} = 1,870 \text{ kg} / \text{cm}^2 \leq 11,26 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin beton, maka poer dikatakan aman dari gaya pons atau keruntuhan akibat pons.

6.2.6 Perhitungan Struktur Bawah *Mooring Dolphin 1* Perencanaan Tiang Tekan dan Tarik

Tiang pancang mengalami tekan dan tarik. Dalam menghitung kedalaman yang dibutuhkan oleh gaya tarik digunakan daya dukung tanah pada selimut (Q_s) sedangkan untuk gaya tekan digunakan daya dukung tanah pada ujung tiang (Q_L) dengan faktor keamanan.

1. Tiang Pancang Tekan Tegak

$$P = 7,37 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Q_s = 3 \times P = 2 \times 7,37 = 22,11 \text{ ton}$$

Karena jarak antar tiang pancang = 2 x diameter tiang pancang, maka perlu menghitung pengaruh group untuk perhitungan daya dukung batas. Untuk kasus daya dukung group, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi tiang group (C_e).

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\phi}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

dimana : ϕ = diameter tiang pancang

S = jarak as ke as tiang pancang

m = jumlah baris tiang dalam group

n = jumlah kolom tiang dalam group

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{1,016}{2}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right)$$

$$= 0,704$$

Agar mencukupi kebutuhan daya dukung tanah yang diperlukan, maka Q_s yang digunakan = 22,11/0,704

$$= 31,41 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah vs kedalaman pada Gambar 6.8. Maka, kedalaman minimum yang dibutuhkan agar tiang dapat memikul gaya tekan adalah sedalam -3,0 m dari *seabed* atau -11,0 mLWS.

2. Tiang Pancang Tarik Tegak

$$P = 31,21 \text{ ton}$$

$$SF = 2,8$$

$$Q_s = 2,8 \times P = 2,8 \times 31,21 = 87,4 \text{ ton}$$

Agar mencukupi kebutuhan daya dukung tanah yang diperlukan, maka Q_L yang digunakan

$$= 87,4/0,704$$

$$= 124,15 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah vs kedalaman pada Gambar 6.8. Maka, kedalaman minimum yang dibutuhkan agar tiang dapat memikul gaya tarik adalah sedalam -12 m dari *seabed* atau -20 mLWS.

3. Tiang Pancang Tekan Miring

$$P = 91,77 \text{ ton}$$

$$SF = 3,0$$

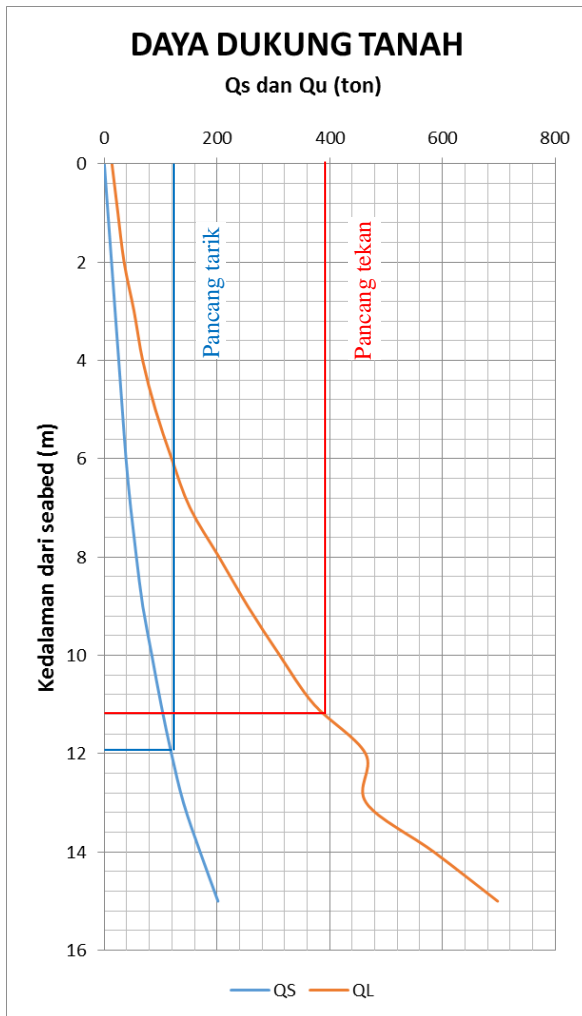
$$Q_L = 3,0 \times P = 3,0 \times 91,77 = 275,31 \text{ ton}$$

Agar mencukupi kebutuhan daya dukung tanah yang diperlukan, maka Q_L yang digunakan

$$= 275,31/0,704$$

$$= 393,3 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah vs kedalaman pada Gambar 6.8. Maka, kedalaman minimum yang dibutuhkan agar tiang dapat memikul gaya tarik adalah sedalam -11,4 m dari *seabed* atau -19,4 mLWS.



Gambar 6.8 – Grafik Daya Dukung Tanah

Kontrol kekuatan bahan tiang pancang

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari tegangan ijin tiang pancang (f_y). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$P = 91,77 \text{ ton}$$

$$M = 48,13 \text{ ton-m}$$

$$A = \text{luas penampang tiang pancang} = 0,05951 \text{ m}^2$$

$$W = \text{section modulus} = 0,0146 \text{ cm}^3$$

Maka tegangan tiang yang terjadi adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Tiang miring, } \sigma &= \frac{91770}{0,05951} + \frac{48130}{0,0146} \\ &= 4838669,10 \text{ kg/m}^2 \\ &= 483,87 \text{ kg/cm}^2 < 0,40 \times f_u = 2000 \\ &\text{kg/cm}^2 \dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

Kontrol tiang pancang terhadap korosi

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang dapat terjadi pada tiang pancang. Terutama saat tiang pancang berada di pantai/laut lepas. dalam perencanaan ini, korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan yang digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi setebal 3 mm. dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun, Sehingga untuk tiang pancang awal dengan ketebalan 19 mm direncanakan dengan ketebalan 22 mm.

Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri. ω gelombang diambil sebesar $\frac{1}{6} S^{-1}$. Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\left(\frac{W \cdot l^3}{g}\right)}} \geq \omega$$

Dimana:

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 740000 \text{ cm}^4$$

$$l \text{ tiang miring} = \text{tinggi tiang diatas tanah} = 21 \text{ m}$$

$$w = \text{berat tiang} = 0,467 \text{ ton/m}$$

$$w \text{ tiang miring} = 0,467 \times 21 \\ = 9,807 \text{ ton}$$

ω tiang pancang miring

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \cdot 740000}{\left(\frac{9807 \cdot 2100^3}{1000}\right)}} \geq 4,6$$

$$\omega_t = 7,156 \text{ s} \geq 4,6 \text{ s}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa tiang pancang tegak stabil terhadap frekuensi gelombang dan mampu berdiri sendiri.

Kalendering

Perumusan yang digunakan untuk perhitungan ini menggunakan perumusan *Alfred Hiley Formula (1930)*, sebagai berikut :

$$Qu = \frac{\alpha.W.H}{S + 0,5.C} \times \frac{W + n^2.Wp}{W + Wp}$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai S atau penetrasi/blow, yaitu pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set, dengan 10 pukulan tiap setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama $S > S'$, maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

S = nilai penetrasi/ blow rencana dari perhitungan

S' = nilai penetrasi/ blow saat pemancangan

Kalendering tiang pancang tegak :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$\varnothing_{\text{tiang}}$	= 101,6 cm
t	= 1,9 cm
P	= 31,21 ton
SF	= 2,8
Qu	= 31,21 x 2,8 = 87,4 ton
α	= 1 (<i>diesel hammer</i>)
W	= 2,5 ton (<i>diesel hammer</i>)
H	= 4 m (tinggi jatuh hammer kondisi normal x 2)
C ₁	= 5 mm (<i>hard cushion + packing</i>)
C ₂	= 10 mm (Steel Pile)
C ₃	= 4 (<i>soft ground</i>)
n	= 0,32 (<i>compact wood cushion on steel pile</i>)

Panjang tiang pancang yang dibutuhkan,

$$L = 20 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W_p &= 0,457 \text{ ton/m} \times 20 \text{ m} \\ &= 9,14 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0,019 \text{ m}$$

$$87,4 = \frac{1 \cdot 2,5 \cdot 4}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{2,5 + 0,32^2 \cdot 9,14}{2,5 + 9,14}$$

$$S = 0,2430 \text{ m} = 24,3 \text{ mm}$$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 2,43 mm/blow .

Kalendering tiang pancang miring :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$\varnothing_{\text{tiang}}$	= 101,6 cm
t	= 1,9 cm
P	= 91,77 ton
SF	= 3
Qu	= $91,77 \times 23 = 275,3$ ton
α	= 1 (<i>diesel hammer</i>)
W	= 5 ton (<i>diesel hammer</i>)
H	= 4 m (tinggi jatuh hammer kondisi normal x2)
C ₁	= 5 mm (<i>hard cushion + packing</i>)
C ₂	= 10 mm (Steel Pile)
C ₃	= 4 (<i>soft ground</i>)
n	= 0,32 (<i>compact wood cushion on steel pile</i>)

Panjang tiang pancang miring yang dibutuhkan,

$$L = \sqrt{20^2 + \left(\frac{20}{8}\right)^2} = 20,16 \text{ m} \sim 21 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W_p &= 0,457 \text{ ton/m} \times 21 \text{ m} \\ &= 9,60 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$$

$$275,3 = \frac{1 \cdot 5 \cdot 4}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 9,60}{5 + 9,60}$$

$$S = 0,0203 \text{ m} = 20,3 \text{ mm}$$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 2,03 mm/blow .

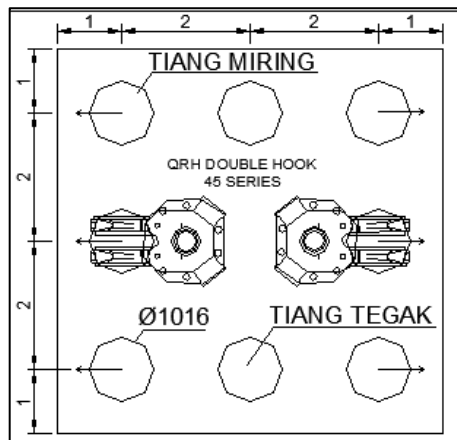
6.3 Perhitungan Mooring Dolphin 2

6.3.1 Perencanaan Awal (preliminary desain)

Dalam tugas akhir ini Mooring Dolphin 2 direncanakan dengan konfigurasi sebagai berikut :

- Panjang : 6,00 m
- Lebar : 6,00 m
- Tebal pile cap : 1,20 m
- Kemiringan : 8:1
- Elevasi : + 3.50 mLWS
- Seabed : -8.00 mLWS
- Spec.Steel pile : Steel pipe pile Ø1016,0 mm t=19 mm

Jarak antar tiang pancang = 2 diameter tiang pancang maka perlu menghitung pengaruh dari dari sebuah *group* untuk perhitungan daya dukung batas. Layout mooring dolphin dapat dilihat pada Gambar 6.9.



Gambar 6.9 – Layout Mooring Dolphin 2

6.3.2 Pembebanan Struktur Mooring Dolphin

a. Beban Vertikal

- Beban sendiri konstruksi poer
Berat jenis beton bertulang diambil sebesar 2.9 t/m^3 .
Untuk berat sendiri poer sudah terakumulasi secara otomatis oleh program SAP 2000 V14.0.0 dan diidentifikasi sebagai beban mati.
- Berat bollard
Berat bollard diambil sebesar 1,439 ton sebagai beban mati
- Beban Hidup terbagi rata
Akibat air hujan 5 cm sebesar $= 0,05 \text{ ton/m}^2$
Beban pangkalan (base load) $= 0,50 \text{ ton/m}^2$
- Beban Catwalk
Beban catwalk yang digunakan sebesar 4,85 t dan 6,56 t

b. Beban Horizontal

- Bollard
Gaya tarik bollard = 45 ton sebagai beban hidup.
- Beban gempa
Perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spectrum menurut SNI 03-1726-2012 untuk daerah Bontang dengan kondisi tanah sedang menggunakan program SAP2000 V14.0.0.

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi yang dipergunakan dalam perencanaan struktur mooring dolphin adalah sebagai berikut :

- a. 1,0 DL + 1,0 LL
- b. 1,0 DL + 1,0 B
- c. 1,0 DL + 0,5 LL + Ex + 0,3Ey + 1,0 B
- d. 1,0 DL + 0,5 LL + 0,3Ex + Ey + 1,0 B

Dimana:

DL = beban mati dan berat sendiri struktur

LL = beban hidup merata pada struktur

- B = beban tarik kapal pada bollard
 Ex = beban gempa arah X
 Ey = beban gempa arah Y

6.3.3 Titik Jepit Tiang Pancang

Data Tiang Pancang

Tiang pancang baja yang dipergunakan adalah tiang pancang baja JIS A 5525 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mutu baja = BJ 50
- Kuat putus (f_u) = 5000 kg/cm²
- Kuat leleh (f_y) = 2900 kg/cm²
- Diameter = 1016 mm
- Ketebalan dinding (t) = 19 mm
- Luas penampang (A) = 595,10 cm²
- Berat (W) = 457 kg/m
- Momen inersia (I) = 740 x 10³ cm⁴
- Modulus penampang = 146 x 10² cm³
- Jari – jari girasi (r) = 35,20 cm
- Modulus Young (E) = 2100000 kg/cm²

Untuk jenis tanah Normally Consolidated dan granular soil atau yang mempunyai kenaikan linier harga modulus digunakan persamaan :

$$Z_f = 1,8T$$

$$T = \sqrt[5]{EI/nh} ;$$

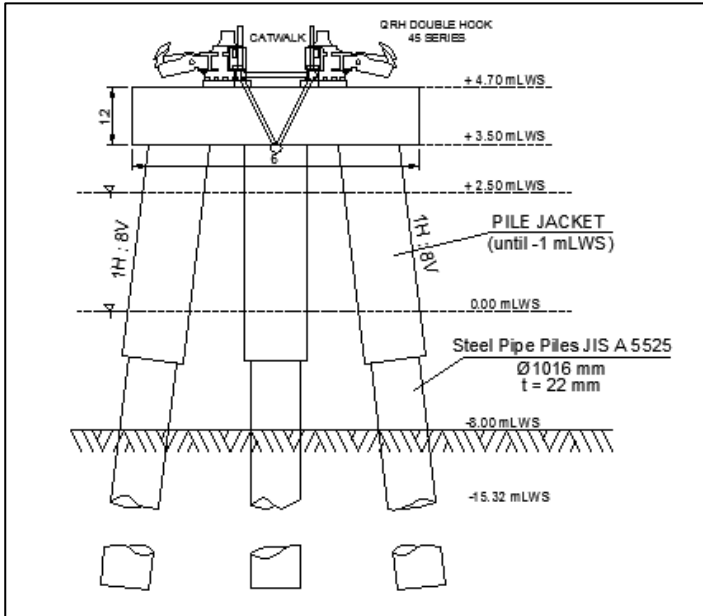
nh sebesar 1,4 MN/m³ = 0,14 kg/cm³ untuk tanah *loose submerged soil*

$$\text{Sehingga } T = \sqrt[5]{\frac{2100000 \times 740000}{0,14}} = 406 \text{ cm} = 4,06 \text{ m}$$

$$Z_f = 1.8 \times 4,06 \text{ m}$$

$Z_f = 7,32 \text{ m}$ di bawah *seabed* atau -15,32 mLWS (setelah pekerjaan pengerukan)

Letak titik jepit tiang ini berada pada kedalaman -15,32 m LWS (lihat Gambar 6.10).



Gambar 6.10 – *Titik Jepit Tiang Pancang*

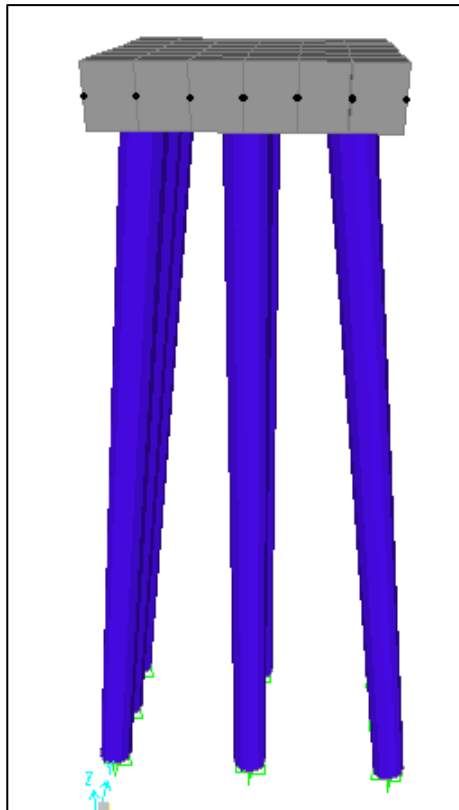
6.3.4 Permodelan Struktur SAP 2000

Pada perencanaan struktur mooring dolphin ini, konfigurasi tiang pancang yang dipergunakan adalah tiang pancang miring dengan perbandingan 8:1. Hasil analisa gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang diperoleh dari analisa struktur dengan menggunakan SAP 2000 (lihat Tabel 6.8 dan Gambar 6.11) :

Tabel 6.8 - Hasil Output SAP 2000

Tipe Tiang	Beban	Nilai	Satuan
Tiang Tegak	P (Tekan)	-53,65	tonf
	P (Tarik)	-	tonf
	V	3,36	tonf
	M maks (ujung bawah)	37,05	tonf-m
	U maks	0,0105	m
Tiang Miring	P (Tekan)	-78,13	tonf
	P (Tarik)	6,49	tonf
	V	4,51	tonf
	M maks (ujung bawah)	-40,35	tonf-m
	U maks	0,0104	m

(Sumber : Hasil Perhitungan SAP2000v14.2.2)



Gambar 6.11 – Permodelan pada program SAP 2000

Berikut perhitungan manual pembebanan yang terjadi pada mooring dolphin 2:

$$\begin{aligned} q_u &= DL + LL \\ &= 2900 \text{ kg/m}^2 + 550 \text{ kg/m}^2 \\ &= 3450 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan gaya – gaya dalam

Untuk menganalisa gaya gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBTI 1971). Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit elastis.

Nilai X pelat didapat dari tabel 13.3.1 PBTI-1971

$$\begin{aligned} q_u &= 3450 \text{ kg/m}^2 = 34,5 \text{ kg/cm}^2 \\ L_n &= 6 \text{ m} \\ S_n &= 6 \text{ m} \\ \beta &= \frac{L_n}{S_n} = \frac{6}{6} = 1 < 2 \text{ (pelat dua arah)} \end{aligned}$$

Maka nilai x dengan $\beta=1$ adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{tx} &= - 0,001 \times q \times l_x^2 \times X & (X = 44) \\ M_{lx} &= + 0,001 \times q \times l_x^2 \times X & (X = 44) \\ M_{ty} &= - 0,001 \times q \times l_y^2 \times X & (X = 44) \\ M_{ly} &= + 0,001 \times q \times l_y^2 \times X & (X = 44) \end{aligned}$$

Maka momen yang didapat :

$$\begin{aligned} M_{tx} &= - 0,001 \times 34,5 \times 600^2 \times 44 = - 546480 \text{ kg.cm} \\ M_{lx} &= + 0,001 \times 34,5 \times 600^2 \times 44 = 546480 \text{ kg.cm} \\ M_{ty} &= - 0,001 \times 34,5 \times 600^2 \times 44 = - 546480 \text{ kg.cm} \\ M_{ly} &= + 0,001 \times 34,5 \times 600^2 \times 44 = 546480 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

6.3.5 Perhitungan Struktur Atas *Mooring Dolphin 2*

Perhitungan Poer (Pile Cap)

Data perencanaan *poer*, sebagai berikut :

Panjang (b)	= 600 cm
Lebar (h)	= 600 cm
Tinggi (t)	= 120 cm
Selimit beton (d)	= 7 cm

Data bahan :

<i>Mutu Beton :</i>	σ'_{bk}	= 300 kg/cm ²
	σ_b	= 100 kg/cm ²
	E _b	= 110851,25 kg/cm ²
<i>Mutu Baja :</i>	σ_{au}	= 320 Mpa
	σ'_{au}	= 2780 kg/cm ²
	σ_a	= 1850 kg/cm ²
	E _a	= 2,1x10 ⁶ kg/cm ²

D tulangan lentur = 19 mm (As = 283,53 mm²)

D tulangan samping = 13 mm (As = 132,732 mm²)

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas
baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{110851,25} = 18,94$$

ϕ_o = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n
kali tegangan tekan beton di serat yang paling
tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_o = \frac{\sigma_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{18,94 \cdot 100} = 0,976$$

$$\begin{aligned} h_x &= h - d - 0,5 D \\ &= 120 - 7 - (0,5 \times 2,5) \\ &= 111,7 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_y &= h - d - D - 0,5 D \\ &= 120 - 7 - 2,5 - (0,5 \times 2,5) \\ &= 111,05 \text{ cm} \end{aligned}$$

c. Penulangan poer arah X

Dari hasil SAP2000 v.14.2.2 untuk momen pada pelat dipakai momen M11 pada pelat :

$$M_{tx} = -3037835 \text{ kg.cm}$$

$$M_{lx} = 3037835 \text{ kg.cm}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan.

$$\begin{aligned} C_a &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{111,70 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{18,94 \times 3037835 \text{ kg.cm}}{100 \text{ cm} \times 1850}}} \\ &= 6,34 \end{aligned}$$

Poer ini didesain dengan menggunakan $\delta = 0$ (asumsi pelat) dengan $C_a = 6,34$ dari tabel perhitungan cara “n” lentur didapatkan :

$$\Phi = 3,854$$

$$\Phi > \phi_o = 0,976 \quad (\text{Ok})$$

$$100n\omega = 2,672$$

Sehingga,

$$\omega = 2,672 / (100 \times 18,94) = 0,00141$$

Tulangan Tarik :

Dipasang :

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,00141 \times 100 \times 111,90$$

$$= 15,78 \text{ cm}^2 = 1578,2 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D19 - 125 ($A_{s \text{ pakai}} = 1701,17 \text{ mm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$Asd = 10\% \times 1701,17 = 170,117 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D13 - 250 ($As_{\text{pakai}} = 165,465 \text{ mm}^2$)

d. Penulangan poer arah Y

Dari hasil SAP2000 v.14.2.2 untuk momen pada pelat dipakai momen M22 pada pelat :

$$M_{tx} = -1168068 \text{ kg.cm}$$

$$M_{lx} = 1168068 \text{ kg.cm}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan.

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{111,05 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{18,94 \times 1168068 \text{ kg.cm}}{100 \text{ cm} \times 1850}}} = 10,1$$

Poer ini didesain dengan menggunakan $\delta = 0$ (asumsi pelat) dengan $Ca = 10,1$ dari tabel perhitungan cara “n” lentur didapatkan :

$$\Phi = 6,519$$

$$\Phi > \phi_0 = 0,976 \quad (\text{Ok})$$

$$100n\omega = 1,02$$

Sehingga,

$$\omega = 1,02 / (100 \times 18,92) = 0,00054$$

Tulangan Tarik :

Dipasang :

$$As = \omega b h$$

$$= 0,00054 \times 100 \times 110,60$$

$$= 5,99 \text{ cm}^2 = 599,684 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D19 - 250 ($As_{\text{pakai}} = 850,586 \text{ mm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$Asd = 10\% \times 850,586 = 85,0856 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D13 - 250 ($As_{\text{pakai}} = 165,465 \text{ mm}^2$)

Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retakan pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

$\alpha = 1$ (batang yang diprofilkan)

$c = 7 \text{ cm}$ (tebal beton decking)

$$\begin{aligned} w_{\text{bar}} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan} \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,019^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 2,226 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 11 \sqrt{2,226} = 16,41 \text{ mm} = 16,41 \text{ cm}$$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$$\omega_p = \frac{A}{Bt}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$A =$ Luas tulangan tarik

$Bt =$ Luas penampang beton yang tertarik

$$= 100 \times 111,90 \text{ cm}$$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{17,02}{100 \times 111,90} = 0,00152$$

$$\sigma_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

maka besar retakanan yang didapat

$$\begin{aligned} w &= 1 (1,50 \cdot 8 + 0,16 \cdot \frac{16,41}{0,00152}) (1850 - \frac{30}{0,00152}) 10^{-6} \\ &= -1,57 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kontrol Geser Pons

Pada struktur breasting dolphin, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer dan kemungkinan besar terjadi plong pada poer tersebut. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus:

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm} \quad (\text{PBI 71 11.9.(2)})$$

Dimana:

P = gaya aksial pelat dari tiang pancang

c = diameter tiang pancang

ht = tinggi total pelat atau poer

τ_{bm} = tegangan ijin beton ($0,65\sqrt{\sigma'_{bk}}$)

Sehingga:

$$\tau_{bp} = \frac{78,13 \times 10^3}{\pi \cdot (10,16 + 120) \cdot 120} \leq 0,65\sqrt{300}$$

$$\tau_{bp} = 1,592 \text{ kg/cm}^2 \leq 11,26 \text{ kg/cm}^2$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin beton, maka poer dikatakan aman dari gaya pons atau keruntuhan akibat pons.

6.3.6 Perhitungan Struktur Bawah *Mooring Dolphin 2*

Perencanaan Tiang Tekan dan Tarik

Tiang pancang mengalami tekan dan tarik. Dalam menghitung kedalaman yang dibutuhkan oleh gaya tarik digunakan daya dukung tanah pada selimut (Q_s) sedangkan untuk gaya tekan digunakan daya dukung tanah pada ujung tiang (Q_L) dengan faktor keamanan.

1. Tiang Pancang Tekan Tegak

$$P = 53,65 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Q_L = 3 \times P = 3 \times 53,65 = 160,95 \text{ ton}$$

Karena jarak antar tiang pancang = 2 x diameter tiang pancang, maka perlu menghitung pengaruh group untuk perhitungan daya dukung batas. Untuk kasus daya dukung group, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi tiang group (C_e).

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\phi}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

dimana : ϕ = diameter tiang pancang

S = jarak as ke as tiang pancang

m = jumlah baris tiang dalam group

n = jumlah kolom tiang dalam group

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{1,016}{2}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{3} - \frac{1}{3}\right)$$

$$= 0,607$$

Agar mencukupi kebutuhan daya dukung tanah yang diperlukan,

maka Q_L yang digunakan = 160,95/0,607

$$= 265,20 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah vs kedalaman pada Gambar 6.12. Maka, kedalaman minimum yang dibutuhkan agar tiang dapat memikul gaya tekan adalah sedalam -9,0 m dari *seabed* atau - 17,0 mLWS.

2. Tiang Pancang Tekan Miring

$$P = 78,13 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Q_L = 3 \times P = 3 \times 78,13 = 218,8 \text{ ton}$$

Agar mencukupi kebutuhan daya dukung tanah yang diperlukan, maka Q_L yang digunakan

$$= 218,8/0,607$$

$$= 360,5 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah vs kedalaman pada Gambar 6.12. Maka, kedalaman minimum yang dibutuhkan agar tiang dapat memikul gaya tarik adalah sedalam -10,8 m dari *seabed* atau - 18,8 mLWS.

3. Tiang Pancang Tarik Miring

$$P = 6,49 \text{ ton}$$

$$SF = 2,8$$

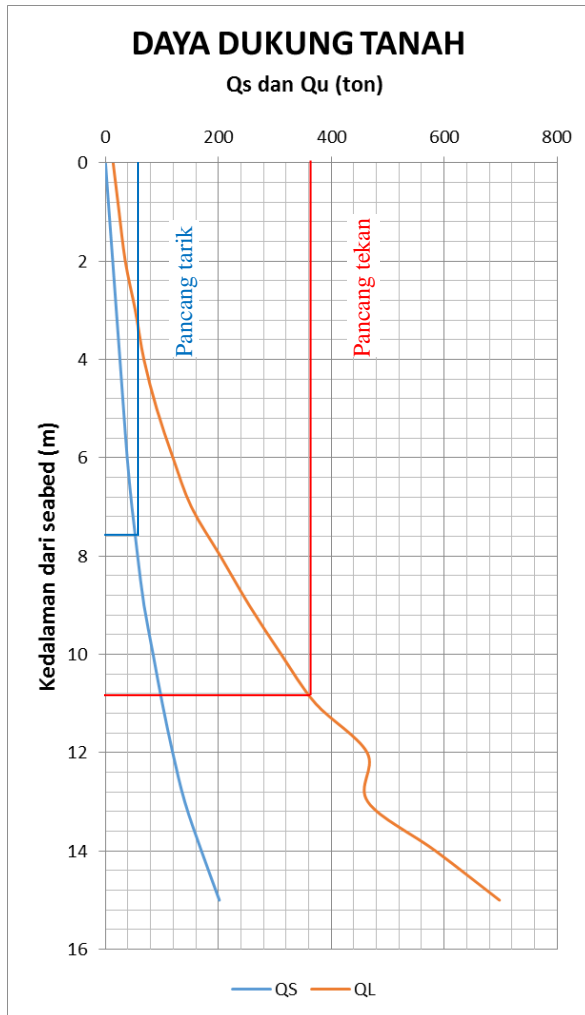
$$Q_s = 2,8 \times P = 2,8 \times 6,49 = 18,2 \text{ ton}$$

Agar mencukupi kebutuhan daya dukung tanah yang diperlukan, maka Q_s yang digunakan

$$= 18,2/0,607$$

$$= 29,98 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah vs kedalaman pada Gambar 6.12. Maka, kedalaman minimum yang dibutuhkan agar tiang dapat memikul gaya tarik adalah sedalam -7,6 m dari *seabed* atau - 15,6 mLWS.



Gambar 6.12 – Grafik Daya Dukung Tanah

Kontrol kekuatan bahan tiang pancang

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari tegangan ijin tiang pancang ($f_y=0,4 f_u$). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$P = 78,13 \text{ ton}$$

$$M = 40,35 \text{ ton-m}$$

$$A = \text{luas penampang tiang pancang} = 0,05951 \text{ m}^2$$

$$W = \text{section modulus} = 0,0146 \text{ cm}^3$$

Maka tegangan tiang yang terjadi adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Tiang miring, } \sigma &= \frac{78130}{0,05951} + \frac{40350}{0,0146} \\ &= 4076587,2 \text{ kg/m}^2 \\ &= 407,66 \text{ kg/cm}^2 < 0,40 \times f_u = 2000 \\ &\text{ kg/cm}^2 \dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

Kontrol tiang pancang terhadap korosi

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang dapat terjadi pada tiang pancang. Terutama saat tiang pancang berada di pantai/laut lepas. dalam perencanaan ini, korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan yang digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi setebal 3 mm. dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun, Sehingga untuk tiang pancang awal dengan ketebalan 19 mm direncanakan dengan ketebalan 22 mm.

Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri. ω gelombang diambil sebesar $\frac{1}{6} S^{-1}$. Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\left(\frac{W \cdot l^3}{g}\right)}} \geq \omega$$

Dimana:

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 740000 \text{ cm}^4$$

$$l \text{ tiang miring} = \text{tinggi tiang diatas tanah} = 21 \text{ m}$$

$$w = \text{berat tiang} = 0,467 \text{ ton/m}$$

$$w \text{ tiang miring} = 0,467 \times 21 \\ = 9,807 \text{ ton}$$

ω tiang pancang miring

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \cdot 740000}{\left(\frac{9807 \cdot 2100^3}{1000}\right)}} \geq 4,6$$

$$\omega_t = 7,156 \text{ s} \geq 4,6 \text{ s}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa tiang pancang tegak stabil terhadap frekuensi gelombang dan mampu berdiri sendiri.

Kalendering

Perumusan yang digunakan untuk perhitungan ini menggunakan perumusan *Alfred Hiley Formula (1930)*, sebagai berikut :

$$Qu = \frac{\alpha.W.H}{S + 0,5.C} \times \frac{W + n^2.Wp}{W + Wp}$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai S atau penetrasi/blow, yaitu pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set, dengan 10 pukulan tiap setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama $S > S'$, maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

S = nilai penetrasi/ blow rencana dari perhitungan

S' = nilai penetrasi/ blow saat pemancangan

Kalendering Tiang Pancang Tegak :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$\varnothing_{\text{tiang}}$	= 101,6 cm
t	= 1.9 cm
P	= 53,65 ton
SF	= 3
Qu	= $31,21 \times 3 = 160,95$ ton
α	= 1 (<i>diesel hammer</i>)
W	= 3,5 ton (<i>diesel hammer</i>)
H	= 4 m (tinggi jatuh hammer kondisi normal x2)
C ₁	= 5 mm (<i>hard cushion + packing</i>)
C ₂	= 10 mm (Steel Pile)
C ₃	= 4 (<i>soft ground</i>)
n	= 0,32 (<i>compact wood cushion on steel pile</i>)

Panjang tiang pancang miring yang dibutuhkan,

$$L = 20 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W_p &= 0,457 \text{ ton/m} \times 20 \text{ m} \\ &= 9,14 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$$

$$160,95 = \frac{1 \cdot 3,5 \cdot 4}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{3,5 + 0,32^2 \cdot 9,14}{3,5 + 9,14}$$

$$S = 0,021 \text{ m} = 21 \text{ mm}$$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 2,1 mm/blow .

Kalendering Tiang Pancang Miring :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$\varnothing_{\text{tiang}}$	= 101,6 cm
t	= 1.9 cm
P	= 78,13 ton
SF	= 3
Qu	= 78,13 x 3 = 234,4 ton
α	= 1 (<i>diesel hammer</i>)
W	= 5 ton (<i>diesel hammer</i>)
H	= 4 m (tinggi jatuh hammer kondisi normal x2)
C ₁	= 5 mm (<i>hard cushion + packing</i>)
C ₂	= 10 mm (Steel Pile)
C ₃	= 4 (<i>soft ground</i>)
n	= 0,32 (<i>compact wood cushion on steel pile</i>)

Panjang tiang pancang miring yang dibutuhkan,

$$L = \sqrt{20^2 + \left(\frac{20}{8}\right)^2} = 20,16 \text{ m} \sim 21 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W_p &= 0,457 \text{ ton/m} \times 21 \text{ m} \\ &= 9,60 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$$

$$234,4 = \frac{1 \cdot 5 \cdot 4}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 9,60}{5 + 9,60}$$

$$S = 0,0255 \text{ m} = 25,5 \text{ mm}$$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 2,55 mm/blow .

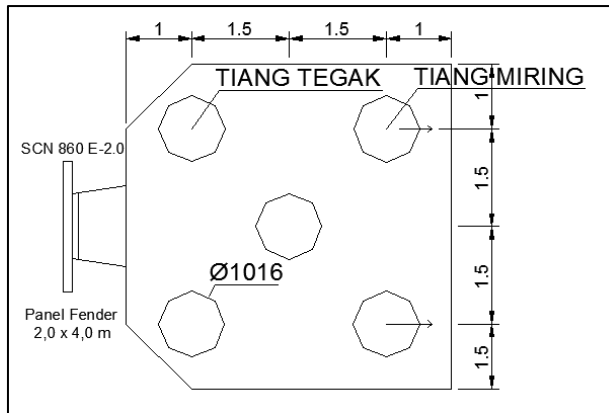
6.4 Perhitungan Breasting Dolphin

6.4.1 Perencanaan Awal (preliminary desain)

Dalam tugas akhir ini *Breasting Dolphin* direncanakan dengan konfigurasi sebagai berikut:

- Panjang : 5,00 m
- Lebar : 5,00 m
- Tebal pile cap : 1,50 m
- Kemiringan : 8 : 1
- Elevasi : + 3.50 mLWS
- Seabed : -8.00 mLWS
- Spec.Steel pile : Steel pipe pile Ø1016,0 mm t=19mm

Jarak antar tiang pancang = 2 diameter tiang pancang maka perlu menghitung pengaruh dari dari sebuah *group* untuk perhitungan daya dukung batas. Layout breasting dolphin dapat dilihat Gambar 6.13.



Gambar 6.13 – *Layout Breasting Dolphin*

6.4.2 Pembebanan Struktur Breasting Dolphin

a. Beban Vertikal

- Beban sendiri konstruksi poer
Berat jenis beton bertulang diambil sebesar 2.9 t/m^3 .
Untuk berat sendiri poer sudah terakumulasi secara otomatis oleh program SAP 2000 V14.0.0 dan diidentifikasi sebagai beban mati.
- Beban reaksi catwalk
Beban catwalk 3,14 t dan 4,12 t sebagai beban mati.
- Beban Terpusat
Beban menggantung fender = 0,75 ton
- Beban Hidup terbagi rata
Akibat air hujan 5 cm sebesar = $0,05 \text{ ton/m}^2$
Beban pangkalan (base load) = $0,50 \text{ ton/m}^2$

b. Beban Horizontal

- Beban Terpusat
Beban akibat tumbukan kapal = 30,2 ton
- Beban gempa
Perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spectrum menurut SNI 03-1726-2012 untuk daerah Bontang dengan kondisi tanah sedang menggunakan program SAP2000 V14.0.0.

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi yang dipergunakan dalam perencanaan struktur Breasting dolphin adalah sebagai berikut :

- a. $1,0 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL}$
- b. $1,0 \text{ DL} + 1,0 \text{ B}$
- c. $1,0 \text{ DL} + 0,5 \text{ LL} + \text{Ex} + 0,3\text{Ey} + 1,0 \text{ F}$
- d. $1,0 \text{ DL} + 0,5 \text{ LL} + 0,3\text{Ex} + \text{Ey} + 1,0 \text{ F}$

Dimana:

- DL = beban mati dan berat sendiri struktur
 LL = beban hidup merata pada struktur
 F = beban tumbukan kapal fender
 Ex = beban gempa arah X
 Ey = beban gempa arah Y

6.4.3 Titik Jepit Tiang Pancang

Data Tiang Pancang

Tiang pancang baja yang dipergunakan adalah tiang pancang baja JIS A 5525 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mutu baja = BJ 50
- Kuat putus (f_u) = 5000 kg/cm^2
- Kuat leleh (f_y) = 2900 kg/cm^2
- Diameter = 1016 mm
- Ketebalan dinding (t) = 19 mm
- Luas penampang (A) = $595,10 \text{ cm}^2$
- Berat (W) = 457 kg/m
- Momen inersia (I) = $740 \times 10^3 \text{ cm}^4$
- Modulus penampang = $146 \times 10^2 \text{ cm}^3$
- Jari – jari girasi (r) = 35,20 cm
- Modulus Young (E) = 2100000 kg/cm^2

Untuk jenis tanah Normally Consolidated dan granular soil atau yang mempunyai kenaikan linier harga modulus digunakan persamaan :

$$Z_f = 1,8T$$

$$T = \sqrt[5]{EI/nh}$$

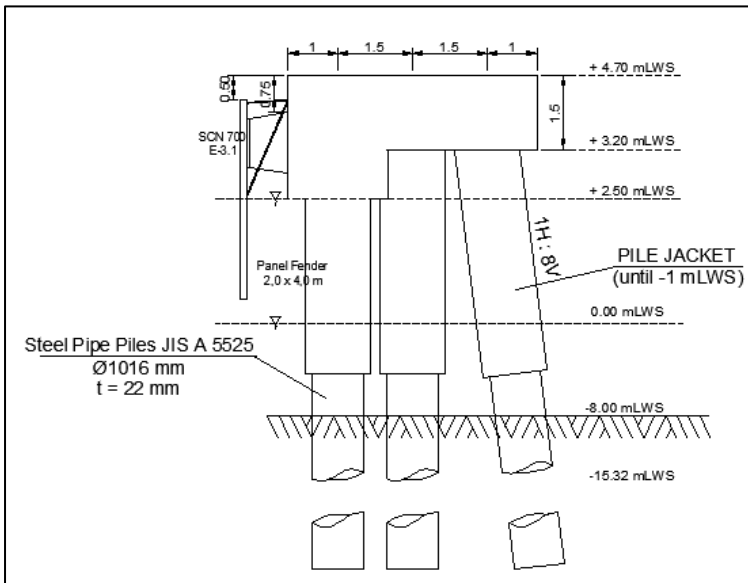
nh sebesar $1,4 \text{ MN/m}^3 = 0,14 \text{ kg/cm}^3$ untuk tanah *loose submerged soil*

$$\text{Sehingga } T = \sqrt[5]{\frac{2100000 \times 740000}{0,14}} = 406 \text{ cm} = 4,06 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8 \times 4,06 \text{ m}$$

$$Z_f = 7,32 \text{ m di bawah seabed atau } -15,32 \text{ mLWS}$$

Letak titik jepit tiang ini berada pada kedalaman -15,32 m LWS (lihat Gambar 6.14).



Gambar 6.14 – Titik jepit Tiang Pancang

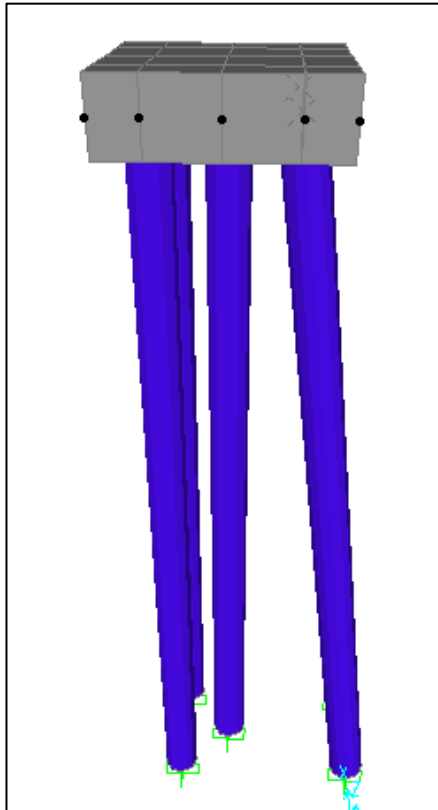
6.4.4 Permodelan Struktur SAP 2000

Pada perencanaan struktur breasting dolphin ini, konfigurasi tiang pancang yang dipergunakan adalah tiang pancang miring dengan perbandingan 8:1. Hasil analisa gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang diperoleh dari analisa struktur dengan menggunakan SAP 2000 (lihat Tabel 6.9 dan Gambar 6.15) :

Tabel 6.9 – Hasil Output SAP 2000

Tipe Tiang	Beban	Nilai	Satuan
Tiang Tegak	P (Tekan)	29,376	tonf
	P (Tarik)	8,891	tonf
	V 2-2	0,314	tonf
	M 3-3	3,346	tonf-m
	U maks	0,011	m
Tiang Miring	P (Tekan)	68,977	tonf
	P (Tarik)	0,105	tonf
	V 2-2	3,422	tonf
	M 3-3	31,803	tonf-m
	U maks	0,011	m

(Sumber : Hasil Perhitungan SAP2000v14.2.2)



Gambar 6.15 – Permodelan pada program SAP 2000

Berikut perhitungan manual pembebanan yang terjadi pada breasting dolphin :

$$\begin{aligned} q_u &= DL + LL \\ &= 2900 \text{ kg/m}^2 + 550 \text{ kg/m}^2 \\ &= 3450 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan gaya – gaya dalam

Untuk menganalisa gaya gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBTI 1971). Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit elastis.

Nilai X pelat didapat dari tabel 13.3.1 PBTI-1971

$$\begin{aligned} q_u &= 3450 \text{ kg/m}^2 = 34,5 \text{ kg/cm}^2 \\ L_n &= 5 \text{ m} \\ S_n &= 5 \text{ m} \\ \beta &= \frac{L_n}{S_n} = \frac{5}{5} = 1 < 2 \text{ (pelat dua arah)} \end{aligned}$$

Maka nilai x dengan $\beta=1$ adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{tx} &= - 0,001 \times q \times l_x^2 \times X & (X = 44) \\ M_{lx} &= + 0,001 \times q \times l_x^2 \times X & (X = 44) \\ M_{ty} &= - 0,001 \times q \times l_y^2 \times X & (X = 44) \\ M_{ly} &= + 0,001 \times q \times l_y^2 \times X & (X = 44) \end{aligned}$$

Maka momen yang didapat :

$$\begin{aligned} M_{tx} &= - 0,001 \times 34,5 \times 500^2 \times 44 = - 379500 \text{ kg.cm} \\ M_{lx} &= + 0,001 \times 34,5 \times 500^2 \times 44 = 379500 \text{ kg.cm} \\ M_{ty} &= - 0,001 \times 34,5 \times 500^2 \times 44 = - 379500 \text{ kg.cm} \\ M_{ly} &= + 0,001 \times 34,5 \times 500^2 \times 44 = 379500 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

6.4.5 Perhitungan Struktur Atas *Breasting Dolphin 1*

Perhitungan Poer (Pile Cap)

Data perencanaan *poer*, sebagai berikut :

Panjang (b)	= 500 cm
Lebar (h)	= 500 cm
Tinggi (t)	= 150 cm
Selimut beton (d)	= 7 cm

Data bahan :

Mutu Beton :	σ'_{bk}	= 300 kg/cm ²
	σ_b	= 100 kg/cm ²
	E _b	= 110851,25 kg/cm ²
Mutu Baja :	σ_{au}	= 320 Mpa
	σ'_{au}	= 2780 kg/cm ²
	σ_a	= 1850 kg/cm ²
	E _a	= 2,1x10 ⁶ kg/cm ²

D tulangan lentur = 16 mm (As = 201,062 mm²)

D tulangan samping = 10 mm (As = 78,54 mm²)

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas
baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{110851,25} = 18,94$$

ϕ_o = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n
kali tegangan tekan beton di serat yang paling
tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_o = \frac{\sigma_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{18,944 \cdot 100} = 0,976$$

$$\begin{aligned} h_x &= h - d - 0,5 D \\ &= 150 - 7 - (0,5 \times 2,5) \\ &= 141,7 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_y &= h - d - D - 0,5 D \\ &= 150 - 7 - 2,5 - (0,5 \times 2,5) \\ &= 139,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Penulangan poer arah X

Dari hasil SAP2000 v.14.2.2 untuk momen pada pelat dipakai momen M11 pada pelat :

$$M_{tx} = -1104827 \text{ kg.cm}$$

$$M_{lx} = 1104827 \text{ kg.cm}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan.

$$\begin{aligned} Ca &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{141,70 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{18,92 \times 1104827 \text{ kg.cm}}{100 \text{ cm} \times 1850}}} \\ &= 13,2 \end{aligned}$$

Poer ini didesain dengan menggunakan $\delta = 0$ (asumsi pelat) dengan $Ca = 13,2$ dari tabel perhitungan cara “n” lentur didapatkan :

$$\begin{aligned} \Phi &= 8,009 \\ \Phi &> \phi_o = 0,976 && (\text{Ok}) \\ 100n\omega &= 0,693 \\ \omega &= 0,000366 \end{aligned}$$

Tulangan Tarik :

Dipasang :

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,00762 \times 100 \times 141,70 \\ &= 5,16 \text{ cm}^2 = 516 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D16 - 250 ($A_{s \text{ pakai}} = 603,20 \text{ mm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$A_{sd} = 10\% \times 603,2 = 60,32 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D10 - 250 ($A_{s \text{ pakai}} = 157,10 \text{ mm}^2$)

b. Penulangan poer arah Y

Dari hasil SAP2000 v.14.2.2 untuk momen pada pelat dipakai momen M22 pada pelat :

$$M_{tx} = -2167834 \text{ kg.cm}$$

$$M_{lx} = 2167834 \text{ kg.cm}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan.

$$\begin{aligned} C_a &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{139,25 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{18,92 \times 2167834 \text{ kg.cm}}{100 \text{ cm} \times 1850}}} \\ &= 9,35 \end{aligned}$$

Poer ini didesain dengan menggunakan $\delta = 0$ (asumsi pelat) dengan $C_a = 9,35$ dari tabel perhitungan cara “n” lentur didapatkan :

$$\Phi = 5,944$$

$$\Phi > \phi_o = 0,976 \quad (\text{Ok})$$

$$100n\omega = 1,211$$

Sehingga,

$$\omega = 0,00064$$

Tulangan Tarik :

Dipasang :

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,00064 \times 100 \times 139,25$$

$$= 8,913 \text{ cm}^2 = 891,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang tulangan D16 - 200 (} A_{s \text{ pakai}} = 1005,3096 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$A_{sd} = 10\% \times 1005,3096 = 100,53 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang tulangan D10 - 250 (} A_{s \text{ pakai}} = 157,10 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retakan pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

α = 1 (batang yang diprofilkan)

c = 7 cm (tebal beton decking)

$$\begin{aligned} w_{\text{bar}} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan} \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,016^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1,58 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 11 \sqrt{1,58} = 13,83 \text{ mm} = 1,383 \text{ cm}$$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

A = Luas tulangan tarik

B_t = Luas penampang beton yang tertarik
= 100 x 111,90 cm

$$\text{maka } \omega_p = \frac{6,03}{100 \times 111,90} = 0,00054$$

$$\sigma_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

maka besar retakanan yang didapat

$$\begin{aligned} w &= 1 (1,50 \cdot 8 + 0,16 \cdot \frac{1,383}{0,00054}) (1850 - \frac{30}{0,00054}) 10^{-6} \\ &= - 1,57 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kontrol Geser Pons

Pada struktur breasting dolphin, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer dan kemungkinan besar terjadi plong pada poer tersebut. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus:

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm} \quad (\text{PBI 71 11.9.(2)})$$

Dimana:

P = gaya aksial pelat dari tiang pancang

c = diameter tiang pancang

ht = tinggi total pelat atau poer

τ_{bm} = tegangan ijin beton ($0,65\sqrt{\sigma'_{bk}}$)

Sehingga:

$$\tau_{bp} = \frac{78,90 \times 10^3}{\pi \cdot (10,16 + 150) \cdot 150} \leq 0,65\sqrt{300}$$

$$\tau_{bp} = 1,04 \text{ kg/cm}^2 \leq 11,26 \text{ kg/cm}^2$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin beton, maka poer dikatakan aman dari gaya pons atau keruntuhan akibat pons.

6.4.6 Perhitungan Struktur Bawah *Breasting Dolphin*

Perencanaan Tiang Tekan dan Tarik

Tiang pancang mengalami tekan dan tarik. Dalam menghitung kedalaman yang dibutuhkan oleh gaya tarik digunakan daya dukung tanah pada selimut (Q_s) sedangkan untuk gaya tekan digunakan daya dukung tanah pada ujung tiang (Q_L) dengan faktor keamanan.

1. Tiang Pancang Tekan Tegak

$$P = 29,38 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Q_L = 3 \times P = 3 \times 29,38 = 88,14 \text{ ton}$$

Karena jarak antar tiang pancang = 2 x diameter tiang pancang, maka perlu menghitung pengaruh group untuk perhitungan daya dukung batas. Untuk kasus daya dukung group, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi tiang group (C_e).

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\phi}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

dimana : ϕ = diameter tiang pancang

S = jarak as ke as tiang pancang

m = jumlah baris tiang dalam group

n = jumlah kolom tiang dalam group

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{1,016}{2}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{3} - \frac{1}{3}\right)$$

$$= 0,607$$

Agar mencukupi kebutuhan daya dukung tanah yang diperlukan, maka Q_L yang digunakan

$$= 22,11/0,607$$

$$= 36,24 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah vs kedalaman pada Gambar 6.16. Maka, kedalaman minimum yang dibutuhkan agar tiang dapat memikul gaya tekan adalah sedalam -1,6 m dari *seabed* atau -9,6 mLWS.

2. Tiang Pancang Tarik Tegak

$$P = 8,89 \text{ ton}$$

$$SF = 2,8$$

$$Q_s = 2,8 \times P = 2,8 \times 8,89 = 24,90 \text{ ton}$$

Agar mencukupi kebutuhan daya dukung tanah yang diperlukan, maka Q_s yang digunakan

$$= 8,89/0,607$$

$$= 14,65 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah vs kedalaman pada Gambar 6.16. Maka, kedalaman minimum yang dibutuhkan agar tiang dapat memikul gaya tarik adalah sedalam -4 m dari *seabed* atau -12,5 mLWS.

3. Tiang Pancang Tekan Miring

$$P = 68,9 \text{ ton}$$

$$SF = 3,0$$

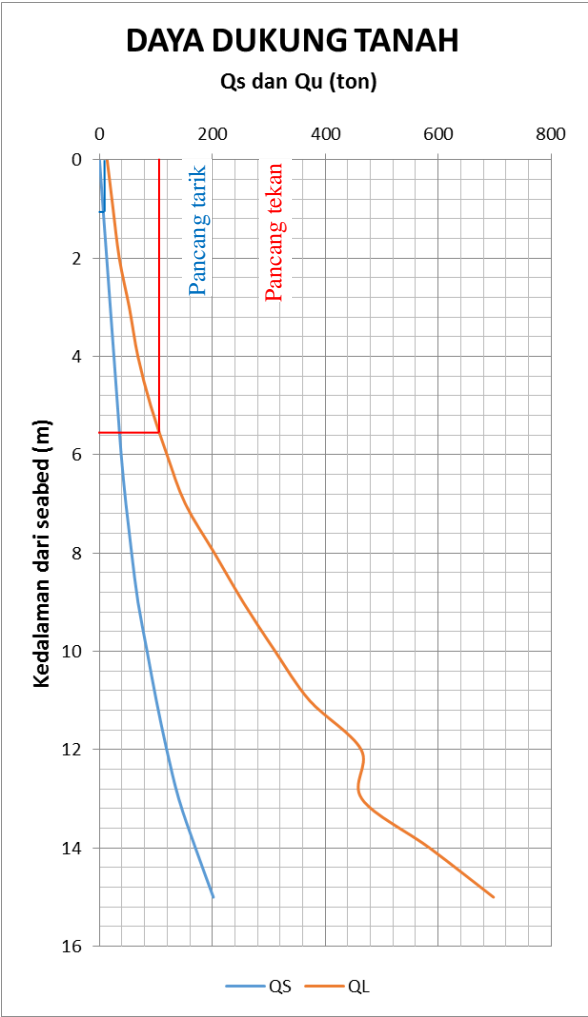
$$Q_L = 3,0 \times P = 3,0 \times 68,90 = 206,70 \text{ ton}$$

Agar mencukupi kebutuhan daya dukung tanah yang diperlukan, maka Q_L yang digunakan

$$= 68,90/0,607$$

$$= 113,5 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah vs kedalaman pada Gambar 6.16. Maka, kedalaman minimum yang dibutuhkan agar tiang dapat memikul gaya tarik adalah sedalam -5,6 m dari *seabed* atau -13,6 mLWS.



Gambar 6.16 – Grafik Daya Dukung Tanah

Kontrol Kekuatan Bahan Tiang Pancang

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari tegangan ijin tiang pancang (f_y). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$P = 68,90 \text{ ton}$$

$$M = 41,23 \text{ ton-m}$$

$$A = \text{luas penampang tiang pancang} = 0,05951 \text{ m}^2$$

$$W = \text{section modulus} = 0,0146 \text{ cm}^3$$

Maka tegangan tiang yang terjadi adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Tiang miring, } \sigma &= \frac{68900}{0,05951} + \frac{31800}{0,0146} \\ &= 3335870 \text{ kg/m}^2 \\ &= 333,59 \text{ kg/cm}^2 < 0,55 \times f_y = 2000 \\ &\text{kg/cm}^2 \dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

Kontrol Tiang Pancang Terhadap Korosi

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang dapat terjadi pada tiang pancang. Terutama saat tiang pancang berada di pantai/laut lepas. dalam perencanaan ini, korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan yang digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi setebal 3 mm. dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun, Sehingga untuk tiang pancang awal dengan ketebalan 19 mm direncanakan dengan ketebalan 22 mm.

Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri. ω gelombang diambil sebesar $\frac{1}{6} S^{-1}$. Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\left(\frac{W \cdot l^3}{g}\right)}} \geq \omega$$

Dimana:

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 740000 \text{ cm}^4$$

$$l \text{ tiang miring} = \text{tinggi tiang diatas tanah} = 21 \text{ m}$$

$$w = \text{berat tiang} = 0,467 \text{ ton/m}$$

$$w \text{ tiang miring} = 0,467 \times 21 \\ = 9,807 \text{ ton}$$

ω tiang pancang miring

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \cdot 740000}{\left(\frac{9807 \cdot 2100^3}{1000}\right)}} \geq 4,6$$

$$\omega_t = 7,156 \text{ s} \geq 4,6 \text{ s}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa tiang pancang tegak stabil terhadap frekuensi gelombang dan mampu berdiri sendiri.

Kalendering

Perumusan yang digunakan untuk perhitungan ini menggunakan perumusan *Alfred Hiley Formula (1930)*, sebagai berikut :

$$Qu = \frac{\alpha.W.H}{S + 0,5.C} \times \frac{W + n^2.Wp}{W + Wp}$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai S atau penetrasi/blow, yaitu pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set, dengan 10 pukulan tiap setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama $S > S'$, maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

S = nilai penetrasi/ blow rencana dari perhitungan

S' = nilai penetrasi/ blow saat pemancangan

Kalendering tiang pancang tegak :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$\varnothing_{\text{tiang}}$	= 101,6 cm
t	= 1,9 cm
P	= 29,38 ton
SF	= 2,8
Qu	= 29,38 x 2,8 = 88,14 ton
α	= 1 (<i>diesel hammer</i>)
W	= 2,5 ton (<i>diesel hammer</i>)
H	= 4 m (tinggi jatuh hammer kondisi normal x2)
C ₁	= 5 mm (<i>hard cushion + packing</i>)
C ₂	= 10 mm (Steel Pile)
C ₃	= 4 (<i>soft ground</i>)
n	= 0,32 (<i>compact wood cushion on steel pile</i>)

Panjang tiang pancang miring yang dibutuhkan,

$$L = 20 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W_p &= 0,457 \text{ ton/m} \times 20 \text{ m} \\ &= 9,14 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0,019 \text{ m}$$

$$88,14 = \frac{1 \cdot 2,5 \cdot 4}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{2,5 + 0,32^2 \cdot 9,14}{2,5 + 9,14}$$

$$S = 0,024 \text{ m} = 24 \text{ mm}$$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 2,4 mm/blow .

Kalendering tiang pancang miring :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$\varnothing_{\text{tiang}}$	= 101,6 cm
t	= 1,9 cm
P	= 68,90 ton
SF	= 3
Qu	= 68,90 x 3 = 206,70 ton
α	= 1 (<i>diesel hammer</i>)
W	= 5 ton (<i>diesel hammer</i>)
H	= 3 m (tinggi jatuh hammer kondisi normal x2)
C ₁	= 5 mm (<i>hard cushion + packing</i>)
C ₂	= 10 mm (Steel Pile)
C ₃	= 4 (<i>soft ground</i>)
n	= 0,32 (<i>compact wood cushion on steel pile</i>)

Panjang tiang pancang miring yang dibutuhkan,

$$L = \sqrt{20^2 + \left(\frac{20}{8}\right)^2} = 20,16 \text{ m} \sim 21 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W_p &= 0,457 \text{ ton/m} \times 21 \text{ m} \\ &= 9,60 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$$

$$206,70 = \frac{1 \cdot 5 \cdot 3}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 9,60}{5 + 9,60}$$

$$S = 0,0202 \text{ m} = 20,2 \text{ mm}$$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 2,02 mm/blow .

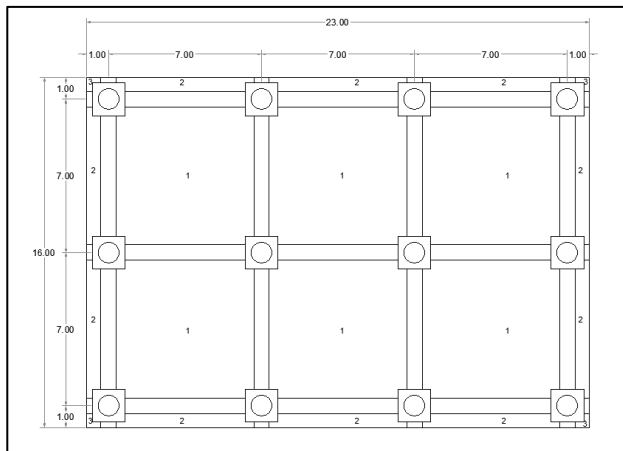
6.5 Perhitungan Struktur Loading Platform

6.5.1 Perencanaan Awal (preliminary desain)

Dalam tugas akhir ini konstruksi loading platform adalah tipe open pier jetty, komponen struktur terdiri dari balok, pelat, dan poer dibuat dengan sistem in-situ. Struktur direncanakan dengan konfigurasi sebagai berikut:

- Panjang : 23,00 m
- Lebar : 16,00 m
- Balok memanjang : 500 x 700 mm
- Balok melintang : 500 x 700 mm
- Tebal pelat lantai : 350 mm
- Pile cap tunggal : 2000 x 2000 x 1000 mm
- Elevasi : + 4.80 mLWS
- Seabed : -8.00 mLWS
- Spec.Steel pile : Steel pipe pile Ø1016,0 mm
t=19 mm

Berikut ini adalah layout rencana loading platform pada Gambar 6.17.



Gambar 6.17 – Layout Loading Platform

6.5.2 Pembebanan pada Loading Platform

Dalam perencanaan loading platform dipakai beban vertical, beban horizontal, dan beban gempa sebagai berikut:

- **Beban Mati Terbagi Rata**

Berat balok sendiri $= 2,9 \text{ t/m}^3$

- **Beban Hidup**

Beban pangkalan dan beban hujan $= 3.05 \text{ t/m}^3$

- **Beban Terpusat vertikal**

Berat Marine Loading Arm $= 22,4 \text{ ton}$

Berat Fire Monitor Tower $= 1,675 \text{ ton}$

Berat Jib Crane + muatan $= 4,5 + 2,125 \text{ ton}$

$= 7,415 \text{ ton}$

Berat pipa dan muatan $= 0,257 \text{ ton/m}$

Berat Catwalk $= 3,15 \text{ ton}$

- **Beban Gempa**

Perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spectrum menurut SNI 03-1726-2012 untuk daerah Bontang dengan kondisi tanah sedang.

Kombinasi Pembebanan

Adapun kombinasi pembebanan yang direncanakan pada *loading platform* adalah sebagai berikut :

- e. $1,0 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL}$
- f. $1,0 \text{ DL} + 1,0 \text{ SD}$
- g. $1,0 \text{ DL} + 0,5 \text{ LL} + \text{Ex} + 0,3\text{Ey} + 1,0 \text{ SD}$
- h. $1,0 \text{ DL} + 0,5 \text{ LL} + 0,3\text{Ex} + \text{Ey} + 1,0 \text{ SD}$

Dimana :

- DL : beban mati dari berat beton
- LL : beban hidup dari berat pangkalan dan air hujan
- SD : beban dari Catwalk, MLA, FM, JC, dan pipa
- Ex : beban dari gempa arah X
- Ey : beban gempa arah Y

6.5.3 Titik Jepit Tiang Pancang

Data Tiang Pancang

Tiang pancang baja yang dipergunakan adalah tiang pancang baja JIS A 5525 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mutu baja = BJ 50
- Kuat putus (f_u) = 5000 kg/cm²
- Kuat leleh (f_y) = 2900 kg/cm²
- Diameter = 1016 mm
- Ketebalan dinding (t) = 19 mm
- Luas penampang (A) = 595,10 cm²
- Berat (W) = 457 kg/m
- Momen inersia (I) = 740 x 10³ cm⁴
- Modulus penampang = 146 x 10² cm³
- Jari – jari girasi (r) = 35,20 cm
- Modulus Young (E) = 2100000 kg/cm²

Untuk jenis tanah Normally Consolidated dan granular soil atau yang mempunyai kenaikan linier harga modulus digunakan persamaan :

$$Z_f = 1,8T$$

$$T = \sqrt[5]{EI/nh} ;$$

nh sebesar 1,4 MN/m³ = 0,14 kg/cm³ untuk tanah *loose submerged soil*

$$\text{Sehingga } T = \sqrt[5]{\frac{2100000 \times 740000}{0,14}} = 406 \text{ cm} = 4,06 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8 \times 4,06 \text{ m}$$

$Z_f = 7,32 \text{ m}$ di bawah *seabed* atau -15,32 m LWS (setelah pekerjaan pengerukan)

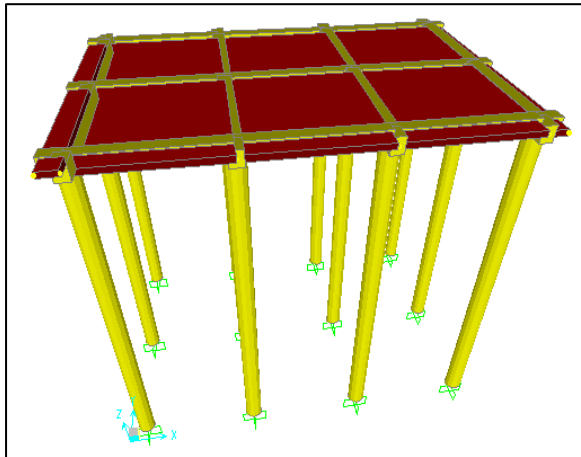
Letak titik jepit tiang ini berada pada kedalaman -15,32 m LWS

6.5.4 Permodelan Struktur SAP

Permodelan Struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP 2000. Permodelan struktur dilakukan untuk mengetahui gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang dan balok. Permodelan pada SAP 2000 dilakukan dengan permodelan tiga dimensi (lihat Tabel 6.10 dan Gambar 6.18)

Tabel 6.10 – Hasil Output Program SAP 2000

Tipe Tiang	Beban	Nilai	Satuan
Tiang Tegak	P (Tekan)	-152,62	tonf
	P (Tarik)	-	tonf
	V	0,45	tonf
	M maks (ujung bawah)	4,55	tonf-m
	U maks	0,0024	m



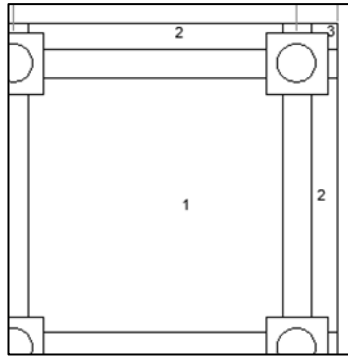
Gambar 6.18 – Permodelan pada program SAP 2000

6.5.5 Perhitungan Struktur Atas Loading Platform

Perhitungan Plat

1. Penentuan Tipe Plat

Penentuan tipe pelat didasarkan pada ukuran pelat yang akan dipergunakan dalam perhitungan struktur pelat sesuai pada Gambar 6.19.



Gambar 6.19 – Tipe Pelat

2. Pembebanan pelat

Dalam perencanaan pelat digunakan berupa beban mati terbagi rata persatuan luas, beban hidup persatuan luas, dan beban mati garis persatuan luas dan beban mati terpusat. Berikut ini adalah besarnya beban pada loading platform:

- Beban mati akibat berat sendiri beton bertulang (QD)

$$QD = \text{berat jenis beton bertulang} \times \text{tebal pelat}$$

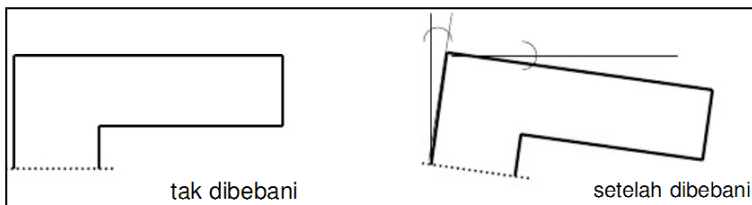
$$= 2,9 \times 0,3 = 0,87 \text{ t/m}^2$$
- Beban hidup akibat hujan dan berat pangkalan (QL)

$$QL = \text{beban pangkalan} + \text{beban hujan}$$

$$= 3 + 0,05 = 3,05 \text{ t/m}^2$$

3. Perhitungan Momen

Pada kondisi ini pelat diasumsikan terkondisi statis tak tentu dimana pelat merupakan struktur lentur dan terjepit penuh. Pelat direncanakan *terjepit elastis* dengan balok pada keempat sisinya. Dikatakan jepit elastis bila tumpuan tidak cukup kuat mencegah pelat berotasi sama sekali. (Gambar 6.20).



Gambar 6.20 – Terjepit Elastis

Perhitungan momen pelat akibat beban mati dan hidup merata

Beban Mati

$$\text{Momen tumpuan} = M_{tx} = M_{ty} = -0,001 \cdot q_d \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$\text{Momen lapangan} = M_{lx} = M_{ly} = 0,001 \cdot q_d \cdot L_x^2 \cdot X$$

Beban Hidup

$$\text{Momen tumpuan} = M_{tx} = M_{ty} = -0,001 \cdot q_l \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$\text{Momen lapangan} = M_{lx} = M_{ly} = 0,001 \cdot q_l \cdot L_x^2 \cdot X$$

*Nilai X pada perhitungan diatas dapat diperoleh dari PBI '71 Tabel 13.3.1.

Berikut adalah nilai koefisien yang digunakan dalam perhitungan momen pada plat (lihat Tabel 6.11).

Tabel 6.11 – Besar koefisien X

Type Pelat	l_x	l_y	l_y/l_x	koefisien X	
1	6,5	6,5	1,0	Mtx	36
	6,5	6,5	Two Way Slab	Mlx	36
	6,5	6,5		Mty	36
	6,5	6,5		Mly	36
2	0,75	6,5	8,7	Mtx	54
	0,75	6,5	One Way Slab	Mlx	54
	0,75	6,5		Mty	56
	0,75	6,5		Mly	19
3	0,75	6,5	8,7	Mtx	54
	0,75	6,5	One Way Slab	Mlx	54
	0,75	6,5		Mty	56
	0,75	6,5		Mly	19
4	0,75	0,75	1,0	Mtx	36
	0,75	0,75	Two Way Slab	Mlx	36
	0,75	0,75		Mty	36
	0,75	0,75		Mly	36

Contoh perhitungan momen pelat :

Pada contoh perhitungan berikut ini digunakan pelat tipe 1.

Momen akibat beban mati

Momen lapangan :

$$M_{lx} = 0,001 \times 870 \times 6,5^2 \times 36 = 1323,270 \text{ kg m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 870 \times 6,5^2 \times 36 = 1323,270 \text{ kg m}$$

Momen tumpuan

$$M_{tx} = -0,001 \times 870 \times 6,5^2 \times 36 = -1323,270 \text{ kg m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 870 \times 6,5^2 \times 36 = -1323,270 \text{ kg m}$$

Momen akibat beban hidup

Momen lapangan :

$$M_{lx} = 0,001 \times 3050 \times 6,5^2 \times 36 = 4630,050 \text{ kg m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 3050 \times 6,5^2 \times 36 = 4630,050 \text{ kgm}$$

Momen tumpuan

$$M_{tx} = -0,001 \times 3050 \times 6,5^2 \times 36 = -4630,050 \text{ kg m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 3050 \times 6,5^2 \times 36 = -4630,050 \text{ kg m}$$

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen

Dengan menggunakan program Ms. Excel, maka di dapat hasil perhitungan momen pada plat sebagai berikut (lihat Tabel 6.12):

Tabel 6.12 - Hasil Perhitungan Momen

Type Pelat	lx	ly	ly/lx	Jenis Momen	Momen (kg-m)		Momen Rencana (kg-m)
					B.Mati 1	B.Hidup 2	
1	6,5	6,5	1,0	Mtx	-1323,27	-4639,05	-5962,320
	6,5	6,5	Two Way Slab	Mlx	-1323,27	4639,05	3315,780
	6,5	6,5		Mty	-1323,27	-4639,05	-5962,320
	6,5	6,5		Mly	-1323,27	4639,05	3315,780
2	0,75	6,5	8,7	Mtx	-61,17	-214,45	-275,625
	0,75	6,5	One Way Slab	Mlx	-26,43	92,64	66,218
	0,75	6,5		Mty	-27,41	-96,08	-123,480
	0,75	6,5		Mly	-9,30	32,60	23,299
3	0,75	6,5	8,7	Mtx	-61,17	-214,45	-275,625
	0,75	6,5	One Way Slab	Mlx	-26,43	92,64	66,218
	0,75	6,5		Mty	-27,41	-96,08	-123,480
	0,75	6,5		Mly	-9,30	32,60	23,299
4	0,75	0,75	1,0	Mtx	-17,62	-61,76	-79,380
	0,75	0,75	Two Way Slab	Mlx	-17,62	61,76	44,145
	0,75	0,75		Mty	-17,62	-61,76	-79,380
	0,75	0,75		Mly	-17,62	61,76	44,145

4. Penulangan Pelat

Data Perencanaan Pelat :

Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2 \text{ (K-300)}$$

$$\sigma'_b = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma_{au} = 320 \text{ Mpa} = 3200 \text{ kg/cm}^2 \text{ (U-32)}$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma^*_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diameter Tulangan} = 1,6 \text{ cm (A} = 2,016 \text{ cm}^2)$$

Tebal Pelat 35 cm

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{110851,252} = 18,94$$

ϕ_o = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_o = \frac{\sigma'_a}{(n \times \sigma'_b)} = \frac{1850}{(18,94 \times 100)} = 0,976$$

Ukuran pelat : $l_x = 700 - 50 = 650 \text{ cm}$
 : $l_y = 700 - 50 = 650 \text{ cm}$
 : $l_y/l_x = 650/650 = 1,0 < 2,5$
 : pelat tipe dua arah

Momen pelat : $M_{tx} = -5962,32 \text{ kg.m}$
 $M_{lx} = 3315,78 \text{ kg.m}$
 $M_{ty} = -5962,32 \text{ kg.m}$
 $M_{ly} = 3315,78 \text{ kg.m}$

Tulangan Arah X :**1. Tulangan Tumpuan**

$$\begin{aligned}
 h_x &= 350 - 70 - 0,5 \phi_{\text{arah X}} \\
 &= 350 - 70 - 0,5 \times 16 \\
 &= 272 \text{ mm} \\
 &= 27,2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ca &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{27,2}{\sqrt{\frac{18,94 \times 5962,32}{100 \times 1850}}} \\
 &= 2,98
 \end{aligned}$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n” untuk $Ca = 3,481$ dengan $\delta = 0$ maka didapatkan :

$$\phi = 1,865 > \phi_0 = 0,976 \dots \dots \dots \text{OK !}$$

$$100n\omega = 9,335$$

$$\omega = 0,0049$$

Tulangan tarik :

$$\begin{aligned}
 As &= \omega b h \\
 &= 0,0049 \times 100 \times 27,2 \\
 &= 13,403 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D16 - 125 dengan luas ($As = 18,086 \text{ cm}^2$)

2. Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned}
 h_x &= 350 - 70 - 0,5 \phi_{\text{arah X}} \\
 &= 350 - 70 - 0,5 \times 16 \\
 &= 272 \text{ mm} \\
 &= 27,2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ca &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{27,2}{\sqrt{\frac{18,94 \times 3315,78}{100 \times 1850}}} \\
 &= 4,668
 \end{aligned}$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n” untuk $Ca = 4,668$ dengan $\delta = 0$ maka didapatkan :

$$\phi = 2,690 > \phi_o = 0,976 \dots \dots \dots \text{OK !}$$

$$100n\omega = 5,037$$

$$\omega = 0,0027$$

Tulangan tarik :

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,0027 \times 100 \times 27,2$$

$$= 7,232 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan D16 - 250 dengan luas ($A_s = 10,048 \text{ cm}^2$)

Tulangan Arah Y :

1. Tulangan Tumpuan

$$h_y = 350 - 70 - \phi - 0,5 \phi \text{ arah Y}$$

$$= 350 - 70 - 16 - 0,5 \times 16$$

$$= 256 \text{ mm}$$

$$= 25,6 \text{ cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{25,6}{\sqrt{\frac{18,94 \times 5962,32}{100 \times 1850}}}$$

$$= 3,276$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n” untuk

$Ca = 3,276$ dengan $\delta = 0$ maka didapatkan :

$$\phi = 1,725 > \phi_o = 0,976 \dots \dots \dots \text{OK !}$$

$$100n\omega = 10,640$$

$$\omega = 0,0056$$

Tulangan tarik :

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,0056 \times 100 \times 25,6$$

$$= 14,378 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan D16 - 125 dengan luas ($A_s = 18,086 \text{ cm}^2$)

2. Tulangan Lapangan

$$h_y = 350 - 70 - \phi - 0,5 \phi \text{ arah Y}$$

$$\begin{aligned}
 &= 350 - 70 - 16 - 0,5 \times 16 \\
 &= 256 \text{ mm} \\
 &= 25,6 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ca &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{25,6}{\sqrt{\frac{18,94 \times 3315,78}{100 \times 1850}}} \\
 &= 4,393
 \end{aligned}$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n” untuk $Ca = 4,668$ dengan $\delta = 0$ maka didapatkan :

$$\phi = 2,496 > \phi_o = 0,976 \dots \dots \dots \text{OK !}$$

$$100n\omega = 5,728$$

$$\omega = 0,0030$$

Tulangan tarik :

$$\begin{aligned}
 As &= \omega b h \\
 &= 0,0030 \times 100 \times 25,6 \\
 &= 7,740 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D16 - 250 dengan luas ($As = 10,048 \text{ cm}^2$)

Kontrol Retak :

Berdasarkan dari PBI 1971 pasal 10.7.1 untuk daerah yang langsung berhubungan dengan air secara kontinu retak yang diizinkan adalah 0,01 cm. Berdasarkan tabel 10.7. 1 PBI 1971 untuk bagian – bagian konstruksi yang mengalami tarik aksial adalah sebagai berikut :

Koefisien untuk perhitungan lebar retak

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; c = 7; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16; C_5 = 30; \sigma_a = 1850$$

A = luas tulangan tarik

B_t = luas penampang beton yang tertarik = 100 x 35 cm

d = diameter tulangan = 1,6 cm

$$\text{maka } \omega_p = \frac{18,086}{100 \times 35} = 0,0052$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini :

$$w = \alpha \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = 1 \left(1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{1,6}{0,0052} \right) \left(1850 - \frac{30}{0,0052} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

w, = - 0,857 < 0,01 cm (OK, tidak retak !)

Rekapitulasi Hasil Perhitungan

Dengan menggunakan program Ms. Excel, maka di dapat hasil penulangan pelat dan kontrol retak sebagai berikut (lihat Tabel 6.13 dan Tabel 6.14):

Tabel 6.13 – Hasil Perhitungan Penulangan Pelat

Type pelat	lx	ly	ly/lx	Momen Pelat	Ca	δ	ϕ	ket	100n ω	A perlu (cm2)	n tul.	S	Dipasang	As pasang	ket	lokasi		
1	6.5	6.5	1.0	-Mtx	5962.320	3.481	0.00	1.965	OK	9.335	13.403	8	125	D 16	- 125	18.086	OK	tumpuan X
	6.5	6.5	Two	Mtx	3315.780	4.668	0.00	2.690	OK	5.037	7.232	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	lapangan X
	6.5	6.5	way	-Mty	5962.320	3.276	0.00	1.725	OK	10.640	14.378	8	125	D 16	- 125	18.086	OK	tumpuan Y
	6.5	6.5	slab	Mty	3315.780	4.393	0.00	2.496	OK	5.728	7.740	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	lapangan Y
2	0.75	6.5	8.7	-Mtx	275.625	16.190	0.00	8.009	OK	0.693	0.995	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	tumpuan X
	0.75	6.5	one	Mtx	66.218	33.032	0.00	8.009	OK	0.693	0.995	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	lapangan X
	0.75	6.5	Way	-Mty	123.480	22.766	0.00	8.009	OK	0.693	0.936	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	tumpuan Y
	0.75	6.5	Slab	Mty	23.299	52.411	0.00	8.009	OK	0.693	0.936	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	lapangan Y
3	0.75	6.5	8.7	-Mtx	275.625	16.190	0.00	8.009	OK	0.693	0.995	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	tumpuan X
	0.75	6.5	one	Mtx	66.218	33.032	0.00	8.009	OK	0.693	0.995	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	lapangan X
	0.75	6.5	Way	-Mty	123.480	22.766	0.00	8.009	OK	0.693	0.936	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	tumpuan Y
	0.75	6.5	Slab	Mty	23.299	52.411	0.00	8.009	OK	0.693	0.936	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	lapangan Y
4	0.75	0.75	1	-Mtx	79.380	30.169	0.00	8.009	OK	0.693	0.995	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	tumpuan X
	0.75	0.75	Two	Mtx	44.145	40.455	0.00	8.009	OK	0.693	0.995	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	lapangan X
	0.75	0.75	Way	-Mty	79.380	28.394	0.00	8.009	OK	0.693	0.936	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	tumpuan Y
	0.75	0.75	Slab	Mty	44.145	38.076	0.00	8.009	OK	0.693	0.936	4	250	D 16	- 250	10.048	OK	lapangan Y

Tabel 6.14 – Hasil Perhitungan Kontrol Retak Pada Pelat

Type pelat	lx	ly	ly/lx	Momen Pelat		A pasang	wp	C ₃	C ₄	C ₅	w	Keterangan
1	6,5	6,5	1	Mlx	5962,320	18,086	0,005168	1,5	0,16	30	-0,2374862	tidak retak
	6,5	6,5	1	Mly	3315,780	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
	6,5	6,5	1	-Mtx	5962,320	18,086	0,005168	1,5	0,16	30	-0,2374862	tidak retak
2	6,5	6,5	1	-Mty	3315,780	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
	0,75	6,5	8,667	Mlx	275,625	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
	0,75	6,5	8,667	Mly	66,218	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
3	0,75	6,5	8,667	-Mtx	123,480	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
	0,75	6,5	8,667	-Mty	23,299	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
	0,75	6,5	8,667	Mlx	275,625	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
4	0,75	6,5	8,667	Mly	66,218	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
	0,75	6,5	8,667	-Mtx	123,480	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
	0,75	6,5	8,667	-Mty	23,299	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
4	0,75	0,75	1	Mlx	79,380	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
	0,75	0,75	1	Mly	44,145	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
	0,75	0,75	1	-Mtx	79,380	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak
	0,75	0,75	1	-Mty	44,145	10,048	0,002871	1,5	0,16	30	-0,8571631	tidak retak

Penulangan Balok

Data perencanaan balok:

Lebar (b)	= 50 cm
Tinggi (h)	= 70 cm
Decking	= 7 cm
D tulangan utama	= 16 mm (As = 201,062 mm ²)
D tulangan samping	= 10 mm (As = 78,54 mm ²)

Data bahan

Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1/3 \sigma'_{bk} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Eb = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ea = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{110851,252} = 18,944$$

ϕ_o = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_o = \frac{\sigma'_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{18,944 \times 100} = 0,976$$

Perhitungan tinggi manfaat

$$\begin{aligned} h &= h - d - \text{Øtul geser} - 0,5 \text{ Øtul-lentur} \\ &= 70 - 7 - 1,3 - 0,5 \cdot 1,9 \\ &= 61,20 \text{ cm} \end{aligned}$$

1. Perhitungan Tulangan Tumpuan Balok Melintang

$$M_{tumpuan} = 1004707 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_o = 0,976$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{61,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 1004707}{50 \times 1850}}} = 4,23$$

Diambil $\delta = 0,4$ untuk $Ca = 4,23$ dari tabel lentur "n" PBI 1971 diperoleh:

$$\Phi = 2,509$$

$$100n\omega = 6,336$$

$$= 0,00335$$

Tulangan Tarik

$$As = \omega b h$$

$$= 0,00335 \times 50 \times 61,20 = 10,24 \text{ cm}^2$$

Dipasang 6-D16 dengan luas ($12,063 \text{ cm}^2$)

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As$$

$$= 0,4 \times 12,063 = 4,83 \text{ cm}^2$$

Dipasang 3-D16 dengan luas ($6,032 \text{ cm}^2$)

Tulangan Samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$sd = 10\% \times 12,063 = 1,2063 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D10 dengan luas ($1,57 \text{ cm}^2$)

Cek Jarak Tulangan Tarik

$$s = \frac{B - 2x_{decking} - 2x\phi_{sengkang} - 6x\phi_{tulangan}}{6 - 1}$$

$$s = \frac{50 - 2 \times 7 - 2 \times 1,0 - 6 \times 1,6}{6 - 1} = 4,88 \text{ cm} > 1,6 \text{ cm, Ok}$$

karena $S > D + 1 \text{ cm} = 2,6 \text{ cm}$, maka tulangan cukup dipasang satu baris.

2. Perhitungan Tulangan Lapangan Balok Melintang

Mlapangan = 715653 kg.cm

$$\phi_o = 0,976$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'a}}} = \frac{61,20}{\sqrt{\frac{18,944 \times 715653}{50 \times 1850}}} = 5,02$$

Diambil $\delta = 0,4$ untuk $Ca = 5,02$ dari tabel lentur "n" PBI 1971 diperoleh:

$$\Phi = 3,082$$

$$100n\omega = 4,306$$

$$= 0,00228$$

Tulangan Tarik

$$As = \omega b h$$

$$= 0,00228 \times 50 \times 61,20 = 6,964 \text{ cm}^2$$

Dipasang 4-D16 dengan luas (8,042 cm²).

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As$$

$$= 0,4 \times 8,042 = 3,22 \text{ cm}^2$$

Dipasang 3-D16 dengan luas (6,032 cm²)

Tulangan Samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$Asd = 10\% \times 8,042 = 0,8042 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D10 dengan luas (1,57 cm²)

Cek Jarak Tulangan Tarik

$$s = \frac{B - 2x_{decking} - 2x\phi_{sengkang} - 4x\phi_{tulangan}}{4 - 1}$$

$$s = \frac{50 - 2 \times 7 - 2 \times 1,0 - 4 \times 1,6}{4 - 1} = 9,2 \text{ cm} > 1,6 \text{ cm, Ok}$$

karena $S > D+1\text{cm} = 2,6 \text{ cm}$, maka tulangan cukup dipasang satu baris.

3. Perhitungan Tulangan Tumpuan Balok Memanjang

Mtumpuan= 519400 kg.cm

$$\phi_o = 0,976$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{61,20}{\sqrt{\frac{18,944 \times 519400}{50 \times 1850}}} = 5,93$$

Diambil $\delta = 0,4$ untuk $Ca = 5,93$ dari tabel lentur "n" PBI 1971 diperoleh:

$$\Phi = 3,651$$

$$100n\omega = 3,128$$

$$= 0,00165$$

Tulangan Tarik

$$As = \omega b h$$

$$= 0,00165 \times 50 \times 61,20 = 5,054 \text{ cm}^2$$

Dipasang 3-D16 dengan luas (6,032 cm²)

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As$$

$$= 0,4 \times 6,032 = 2,41 \text{ cm}^2$$

Dipasang 3-D16 dengan luas (6,032 cm²)

Tulangan Samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$sd = 10\% \times 6,032 = 0,6032 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D10 dengan luas (1,57 cm²)

Cek Jarak Tulangan Tarik

$$s = \frac{B - 2x_{decking} - 2x\phi_{sengkang} - 3x\phi_{tulangan}}{3 - 1}$$

$$s = \frac{50 - 2 \times 7 - 2 \times 1,0 - 3 \times 1,6}{3 - 1} = 14,6 \text{ cm} > 1,6 \text{ cm, Ok}$$

karena $S > D + 1 \text{ cm} = 2,6 \text{ cm}$, maka tulangan cukup dipasang satu baris.

4. Perhitungan Tulangan Lapangan Balok Memanjang

Mlapangan = 259700 kg.cm

$$\phi_o = 0,976$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{61,20}{\sqrt{\frac{18,944 \times 259700}{100 \times 1850}}} = 8,39$$

Diambil $\delta = 0,4$ untuk $Ca = 18,391,67$ dari tabel lentur "n" PBI 1971 diperoleh:

$$\Phi = 5,452$$

$$100n\omega = 1,46$$

$$= 0,000772$$

Tulangan Tarik

$$As = \omega b h$$

$$= 0,000772 \times 50 \times 61,20 = 2,32 \text{ cm}^2$$

Dipasang 3-D16 dengan luas ($6,032 \text{ cm}^2$)

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As$$

$$= 0,4 \times 6,032 = 2,41 \text{ cm}^2$$

Dipasang 3-D16 dengan luas ($6,032 \text{ cm}^2$)

Tulangan Samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$sd = 10\% \times 6,032 = 0,6032 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D10 dengan luas ($1,57 \text{ cm}^2$)

Cek Jarak Tulangan Tarik

$$s = \frac{B - 2x_{decking} - 2x\phi_{sengkang} - 3x\phi_{tulangan}}{3 - 1}$$

$$s = \frac{50 - 2 \times 7 - 2 \times 1,0 - 3 \times 1,6}{3 - 1} = 14,6 \text{ cm} > 1,6 \text{ cm, Ok}$$

karena $S > D + 1 \text{ cm} = 2,6 \text{ cm}$, maka tulangan cukup dipasang satu baris.

Kontrol Retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

$\alpha = 1$ (batang yang diprofilkan)

$c = 7$ cm (tebal beton decking)

$$\begin{aligned} w_{\text{bar}} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan} \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,016^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1,58 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{1,58} = 16,09 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

A = Luas tulangan tarik

B_t = Luas penampang beton yang tertarik

$$= 50 \times 61,20 \text{ cm}$$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{12,064}{50 \times 61,20} = 0,00394$$

$$\sigma_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

maka besar retakanan yang didapat

$$\begin{aligned} w &= 1 (1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{1,609}{0,00394}) (1850 - \frac{30}{0,00394}) 10^{-6} \\ &= -0,44 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{Oke} \end{aligned}$$

Kontrol Dimensi Balok

$$V = 7174 \text{ Kg}$$

$$T = 50334 \text{ Kg-cm}$$

Untuk $ht > b$

$$\tau_b = \frac{V}{b \cdot \frac{7}{8} \cdot h} = \frac{7174}{50 \cdot \frac{7}{8} \cdot 60,15} = 2,72 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$\psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{ht}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{70}{50}} = 4,405$$

ψ = koefisien untuk menghitung tegangan geser puntir

Tegangan geser puntir beton pada penampang balok persegi di tengah-tengah tepi penampang yang vertikal (PBI '71 Pasal 11.8.1) :

$$\tau'_b = \frac{\psi \cdot T}{b^2 \cdot ht} = \frac{4,405 \cdot 50334}{50^2 \cdot 70} = 1,267 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,62\sqrt{300} = 28,059 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b = 2,72 + 1,267 = 3,987 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b < \tau_{bm} \dots \text{Ok}$$

Ukuran balok 50/70 memenuhi syarat dan dapat digunakan.

Perhitungan Tulangan Geser

Tegangan beton yang diijinkan berdasarkan PBI '71 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :

Untuk pembebanan tetap

$$\tau'_{bm-t} = 1,35\sqrt{\sigma'_{bk}} = 1,35\sqrt{300} = 25,26 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Untuk pembebanan sementara

$$\tau'_{bm-t} = 2,12\sqrt{\sigma'_{bk}} = 2,12\sqrt{300} = 36,719 \text{ Kg/cm}^2$$

Senggang ditumpuan balok (PBI '71 Pasal 11.7(1))

$$\tau_b = \frac{V}{b \cdot \frac{7}{8} \cdot h} = 2,72 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} \tau_b < \tau'_{bm-t} \\ \tau_b < \tau'_{bm-s} \end{array} \right\} \text{...diperlukan sengkang!}$$

Direncanakan sengkang:

$$D = 1,3 \text{ mm}$$

$$As = 1,32 \text{ cm}^2$$

$$2 As = 2,64 \text{ cm}^2 \text{ (Sengkang 2 kaki)}$$

$$\sigma_a = 1850 \text{ Kg/cm}^2$$

Sengkang di daerah tumpuan balok

$$as < \frac{As \cdot \sigma_a}{\tau_b \cdot b} = \frac{2,64 \cdot 1850}{2,72 \cdot 50} = 35,91 \text{ cm}$$

Dipasang jarak sengkang maksimum D13 – 300 mm pada tumpuan balok.

Sengkang di daerah > 1 m dari ujung balok

$$\tau_b = \frac{(7-1)}{7} \times 2,72 = 2,33 \text{ Kg/cm}^2 \quad (L = 7 \text{ m})$$

$$as < \frac{As \cdot \sigma_a}{\tau_b \cdot b} = \frac{2,64 \cdot 1850}{2,33 \cdot 50} = 41,93 \text{ cm}$$

Dipasang jarak sengkang maksimum D13 – 300 mm pada jarak > 1 m dari ujung balok.

Panjang Tulang Penyaluran

Untuk *tulangan tarik*, berdasarkan PBI'71 pasal 8.6.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$\text{As D16} = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$L_d = 0,07 \frac{A \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \cdot d_p \cdot \sigma_{au}$$

$$L_d = 0,07 \frac{2,01 \cdot 2780}{\sqrt{300}} \geq 0,0065 \cdot 1,6 \cdot 2780$$

$$L_d = 28,912 \text{ cm} \geq 22,92 \text{ cm} \quad (\text{dipakai } L_d \text{ 30 cm})$$

Untuk *tulangan tekan*, berdasarkan PBI'71 pasal 8.7.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$\text{As D16} = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$L_d = 0,09 \frac{d \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,005 \cdot d_p \cdot \sigma_{au}$$

$$L_d = 0,09 \frac{1,6 \cdot 2780}{\sqrt{300}} \geq 0,005 \cdot 1,6 \cdot 2780$$

$$L_d = 23,11 \text{ cm} \geq 22,24 \quad (\text{Jadi } L_d \text{ dipakai 30 cm})$$

Rekapitulasi Penulangan Balok

Dari perhitungan diatas maka penulangan yang didapat bisa dilihat pada Tabel 6.15.

Tabel 6.15 – Hasil Penulangan Balok

Arah Balok	Segmen	Posisi	Tulangan Lentur	Tulangan Samping	Tulangan Sengkang
Melintang	Tumpuan	Atas	6-D16	2-D10	D13-300
		Bawah	3-D16		
	Lapangan	Atas	3-D16	2-D10	D13-300
		Bawah	4-D16		
Memanjang	Tumpuan	Atas	3-D16	2-D10	D13-300
		Bawah	3-D16		
	Lapangan	Atas	3-D16	2-D10	D13-300
		Bawah	3-D16		

Perencanaan Poer

Penulangan poer pada struktur loading platform ini merupakan jenis poer tunggal dengan data sebagai berikut :

Panjang = 200 cm

Lebar = 200 cm

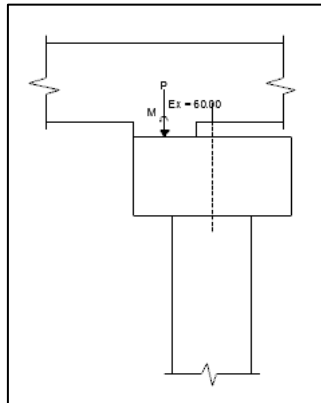
Tinggi(h) = 100 cm

deck (d) = 7 cm

Diameter tulangan lentur = 2,2 cm ($A_s = 3,80 \text{ cm}^2$)

Diameter tulangan geser = 1,6 cm ($A_s = 2,0106 \text{ cm}^2$)

Dari hasil permodelan struktur menggunakan SAP 2000 didapatkan gaya – gaya yang bekerja pada pile cap dan diasumsikan kondisi pilecap berada pada posisi kritis saat menerima beban sehingga dianggap terjadi eksentrisitas pada pile cap (lihat Gambar 6.21), adapun gaya yang bekerja pada pile cap adalah sebagai berikut :



Gambar 6.21 – eksentrisitas pada pile cap

$$P_u = 152620 \text{ kg}$$

$$M = 4550 \text{ kg.m}$$

$$E_x = 0,6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

$$M_u = M + (P_u \times E_x)$$

$$= 4550 + (152620 \times 0,6) = 9612200 \text{ kg.cm}$$

Data bahan

Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1/3 \sigma'_{bk} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Eb = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ea = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{110851,252} = 18,944$$

ϕ_0 = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{18,944 \times 100} = 0,976$$

Perhitungan tinggi manfaat :

$$\begin{aligned} hx &= h - d - \text{Øtul geser} - 0,5 \text{ Øtul-lentur} \\ &= 100 - 7 - 1,6 - 0,5 \cdot 2,2 \\ &= 90,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

Penulangan Poer

$$M_t = M_l = 9612200 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,976$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{90,60}{\sqrt{\frac{18,944 \times 9612200}{200 \times 1850}}} = 4,089$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan. Untuk $h/b = 1/2 = 0,5 > 0,4$, sehingga poer didesain sebagai balok dengan $\delta = 0,4$. Dengan nilai $Ca = 4,089$ dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 2,448$$

$$100n\omega = 6,683$$

$$\omega = 0,003505$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,003505 \times 200 \times 90,60 \\ &= 63,52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 17 D22 dengan luas (64,63 cm²)

Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} A' &= \delta A_s \\ &= 0,4 \times 64,63 = 25,852 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 7 D22 dengan luas (26,61 cm²)

Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$A_{sd} = 10\% \times 64,63 = 6,463 \text{ cm}^2$$

Dipasang 4 D16 dengan luas (8,043 cm²)

Kontrol Retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

α = 1 (batang yang diprofilkan)

c = 7 cm (tebal beton decking)

$$\begin{aligned} w_{\text{bar}} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan} \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,025^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3,853 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{3,853} = 25,13 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

A = Luas tulangan tarik

$$\begin{aligned} B_t &= \text{Luas penampang beton yang tertarik} \\ &= 200 \times 90,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{64,63}{200 \times 90,75} = 0,0036$$

$$\sigma_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

maka besar retakanan yang didapat

$$\begin{aligned} w &= 1 (1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{2,513}{0,0036}) (366,762 - \frac{30}{0,0036}) 10^{-6} \\ &= -2,861 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm ...Ok} \end{aligned}$$

Kontrol Geser Pons

Pada struktur loading platform, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus:

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm} \quad (\text{PBI 71 11.9.(2)})$$

Dimana:

P = gaya aksial pelat dari tiang pancang = 152,62 ton

c = diameter tiang pancang

ht = tinggi total pelat atau poer

τ_{bm} = tegangan ijin beton ($0,65\sqrt{\sigma'_{bk}}$)

Sehingga:

$$\tau_{bp} = \frac{152,62 \times 10^3}{\pi \cdot (101,6 + 100) \cdot 100} \leq 0,65\sqrt{300}$$

$$\tau_{bp} = 2,409 \text{ kg/cm}^2 \leq 11,258 \text{ kg/cm}^2$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin beton, maka poer dikatakan aman dari gaya pons atau keruntuhan akibat pons.

Rekap Penulangan

Dari perhitungan diatas maka penulangan yang didapat dapat dilihat pada

Tabel 6.16

Tabel 6.16 - Rekap Penulangan Poer

Segmen	Posisi	Tulangan Lentur	Tulangan Samping
Tumpuan	Atas	17-D22	4-D16
	Bawah	7-D22	
Lapangan	Atas	7-D22	4-D16
	Bawah	17-D22	

6.5.6 Perhitungan Struktur Bawah Loading Platform Perencanaan Tiang Tekan dan Tarik

Tiang pancang mengalami tekan dan tarik. Dalam menghitung kedalaman yang dibutuhkan oleh gaya tarik digunakan daya dukung tanah pada selimut (Q_s) sedangkan untuk gaya tekan digunakan daya dukung tanah pada ujung tiang (Q_L) dengan faktor keamanan ($SF = 3$).

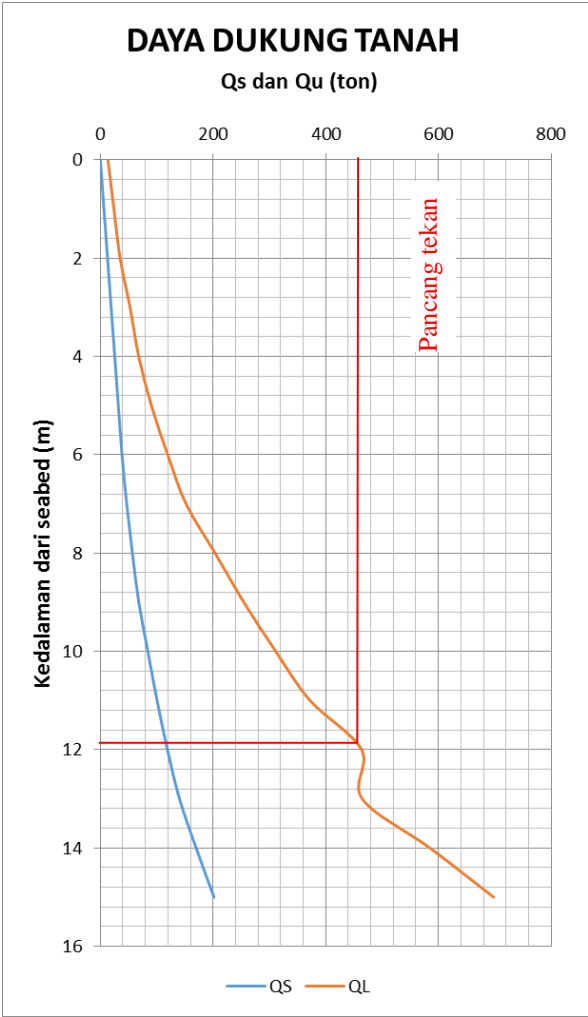
Tiang Pancang Tegak Tekan

$$P = 152,62 \text{ ton}$$

$$SF = 3,0$$

$$Q_s = 3,0 \times P = 3 \times 152,62 = 457,9 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah vs kedalaman pada Gambar 6.22. Maka, kedalaman minimum yang dibutuhkan agar tiang dapat memikul gaya tekan adalah sedalam -12,0 m dari *seabed* atau -20,0 mLWS.



Gambar 6.22 – Grafik Daya Dukung Tanah

Kontrol kekuatan bahan tiang pancang

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari tegangan ijin tiang pancang (f_y). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$P = 152,62 \text{ ton}$$

$$M = 4,55 \text{ ton-m}$$

$$A = \text{luas penampang tiang pancang} = 0,05951 \text{ m}^2$$

$$W = \text{section modulus} = 0,0146 \text{ cm}^3$$

Maka tegangan tiang yang terjadi adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{152620}{0,05951} + \frac{4550}{0,0146} \\ &= 2876254,83 \text{ kg/m}^2 \\ &= 287,625 \text{ kg/cm}^2 < 0,40 \times f_u = 2000 \text{ kg/cm}^2 \text{ ...Ok!}\end{aligned}$$

Kontrol tiang pancang terhadap korosi

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang dapat terjadi pada tiang pancang. Terutama saat tiang pancang berada di pantai/laut lepas.dalam perencanaan ini, korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan yang digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi setebal 3 mm. dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun, Sehingga untuk tiang pancang awal dengan ketebalan 19 mm direncanakan dengan ketebalan 22 mm.

Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri. ω gelombang diambil sebesar $\frac{1}{6} s^{-1}$. Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\left(\frac{W \cdot l^3}{g}\right)}} \geq \omega$$

Dimana:

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 740000 \text{ cm}^4$$

$$l \text{ tiang tegak} = \text{tinggi tiang diatas tanah} = 20 \text{ m}$$

$$w = \text{berat tiang} = 0,467 \text{ ton/m}$$

$$w \text{ tiang tegak} = 0,467 \times 20 \\ = 9,34 \text{ ton}$$

ω tiang pancang tegak

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \cdot 740000}{\left(\frac{9340 \cdot 2000^3}{1000}\right)}} \geq 4,6$$

$$\omega_t = 7,89 \text{ s} \geq 4,6 \text{ s}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa tiang pancang tegak stabil terhadap frekuensi gelombang dan mampu berdiri sendiri.

Kalendering

Perumusan yang digunakan untuk perhitungan ini menggunakan perumusan *Alfred Hiley Formula (1930)*, sebagai berikut :

$$Qu = \frac{\alpha.W.H}{S + 0,5.C} \times \frac{W + n^2.Wp}{W + Wp}$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai S atau penetrasi/blow, yaitu pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set, dengan 10 pukulan tiap setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama $S > S'$, maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

S = nilai penetrasi/ blow rencana dari perhitungan

S' = nilai penetrasi/ blow saat pemancangan

Kalendering tiang pancang tegak :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$\varnothing_{\text{tiang}}$	= 101,6 cm
t	= 1.9 cm
P	= 152,62 ton
SF	= 3
Qu	= $152,62 \times 3,0 = 457,9$ ton
α	= 1 (<i>diesel hammer</i>)
W	= 7 ton (<i>diesel hammer</i>)
H	= 4 m (tinggi jatuh hammer kondisi normal x2)
C ₁	= 5 mm (<i>hard cushion + packing</i>)
C ₂	= 10 mm (Steel Pile)
C ₃	= 4 (<i>soft ground</i>)
n	= 0,32 (<i>compact wood cushion on steel pile</i>)

Panjang tiang pancang miring yang dibutuhkan,

$$L = 20 \text{ m}$$

$$W_p = 0,457 \text{ ton/m} \times 20 \text{ m}$$

$$= 9,14 \text{ ton}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$$

$$457,9 = \frac{1 \cdot 7 \cdot 4}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{7 + 0,32^2 \cdot 9,14}{7 + 9,14}$$

$$S = 0,0206 \text{ m} = 20,6 \text{ mm}$$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 2,06 mm/blow .

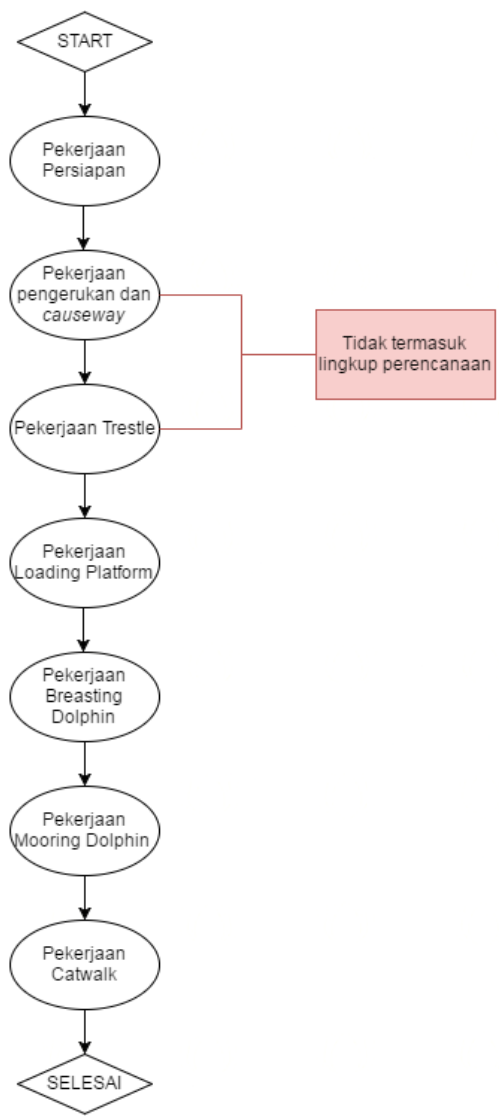
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VII

METODE PELAKSANAAN

7.1 Umum

Dalam bab ini akan membahas perencanaan sebuah metode pelaksanaan pekerjaan yang akan dilakukan pada pembangunan dermaga untuk kapal 17.000 DWT .Tahapan metode pelaksanaan disesuaikan dengan penjadwalan agar mempermudah dan memperjelas perhitungan RAB. Namun pada bab ini, tidak dijelaskan metode dalam pekerjaan pengerukan dan trestle karena pekerjaan tersebut tidak termasuk dalam lingkup perencanaan tugas akhir ini. Secara umum, diagram alir pekerjaan metode pelaksanaan konstruksi dapat dilihat pada Gambar 7.1.



Gambar 7.1 – Diagram Alir Metode Pelaksanaan

7.2 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan adalah suatu tahapan pada proyek konstruksi dimana hal-hal yang dapat menunjang persiapan pelaksanaan tahap konstruksi. Pada tahapan ini pekerjaan yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

7.2.1 Pembersihan Lahan

Pebersihan lahan poyek dan sekitar proyek yang telah dibebaskan lahannya berujuan agar nantinya dalam proses konstruksi tidak mengganggu jalannya proyek secara keseluruhan.

7.2.2 Perencanaan *Site Office*

Perencanaan ini bertujuan untuk menentukan tata letak dari suatu bangunan tertentu seperti, pos jaga,gudang, dieksi keet, workshop area, sub konstraktor ,stockyard dan genset agar fungsi lokasi dari bangunan tersebut optimal (lihat Gambar 7.2).



Gambar 7.2 - *Site Office*
(Sumber : *skyscrapercity.com*)

7.2.3 Pengadaaan Material Konstruksi

Pengadaan material konstruksi diadakan bertujuan untuk mempersiapkan bahan-bahan yang dibutuhkan disaat proses konstruksi berlangsung seperti, batu pecah, besi, pasir, tiang pancang dan elemen-elemen pendukung lainnya (lihat Gambar 7.3).



Gambar 7.3 - Pengadaan tiang pancang baja
(Sumber : *abadimetalutama.com*)

7.2.4 Pengadaan Alat Berat Konstruksi

Pengadaan alat berat konstruksi bertujuan untuk membantu memindahkan alat-alat atau material yang dianggap berat agar mempercepat proses pelaksanaan konstruksi. Berikut adalah beberapa contoh alat berat yang digunakan (lihat Gambar 7.4).



Gambar 7.4 – Contoh Alat Berat Konstruksi

7.2.5 Pos Penjagaan

Pos penjagaan berfungsi untuk mengawasi keluar masuknya material dan peralatan untuk pekerjaan konstruksi, menjaga keamanan dan ketertiban serta mendata petugas maupun tamu yang keluar masuk kedalam proyek (lihat Gambar 7.5).



Gambar 7.5 – Pos Penjagaan

7.3 Pekerjaan Loading Platform

Pekerjaan *Loading Platform* memiliki tahap – tahap sebagai berikut :

1. Pemancangan tiang pancang
2. Pekerjaan Poer (Pile Cap)
3. Pekerjaan Balok dan Pelat
4. Pemasangan Utilitas Dermaga

7.3.1 Pemancangan Tiang Pancang

Pekerjaan pertama pada konstruksi *loading platform* adalah pemancangan. Pemancangan dimulai setelah pengerukan daerah perairan lokasi jetty 1. Pemancangan dilakukan mulai dari sisi darat kemudian laut. Pemancangan pada konstruksi direncanakan menggunakan metode *diesel hammer*

Dalam pekerjaan pemancangan, iang pancang yang digunakan adalah tiang pancang baja dengan diameter Ø1016 mm dan tebal 19 mm. Alat theodolite digunakan untuk mengukur ketepatan posisi dan kemiringan tiang pancang pada waktu proses pemancangan (lihat Gambar 7.6).

Secara umum pelaksanaan pemancangan tiang pancang adalah sebagai berikut :

1. Tiang pancang baja yang sudah diberi garis ukuran untuk mempermudah penunjukkan kedalaman dipindahkan dari lokasi penumpukan menuju ponton dengan diangkut menggunakan crane. Kemudian crane berpindah dari darat menuju ke ponton.
2. Setelah tiang pancang sudah berada diatas ponton selanjutnya tiang pancang dibawa menuju ke titik pemancangan. Kemudian tiang pancang diangkat dengan diesel hammer dan diletakkan pada diesel hammer untuk memulai proses pemancangan (lihat).
3. Dengan dibantu theodolite untuk menentukan titik serta kemiringan yang tepat. Tali pengikat tiang pancang mulai dikendorkan kemudian tiang pancang di turunkan secara

perlahan untuk proses pemancangan. Pada umumnya panjang tiang pancang baja yang difabrikasi tidak memenuhi kedalaman rencana sehingga pada saat tiang pancang mulai berada pada ujung pemegang diesel hammer selanjut tiang pancang baja akan disambung dengan pengelasan sampai kedalaman rencana (lihat Gambar 7.7).

4. Untuk pemberhentian proses pemancangan pada sepuluh pukulan terakhir dilakukan kalendering, apabila $S_{rencana} > S_{lapangan}$ maka pemancangan dapat dihentikan.
5. Pemotongan tiang pancang sampai pada elevasi yang direncanakan.



Gambar 7.6 - theodolite



Gambar 7.7 – Contoh proses penyambungan tiang pancang

7.3.2 Pekerjaan Poer

Tiang pancang baja yang telah terpancang, dipasang tulangan spiral/ isian tiang pancang (lihat Gambar 7.8) kemudian dicor sedalam 1 m dari pangkal tiang pancang. Setelah dicor, ujung tiang pancang di las tulangan yang berfungsi sebagai tulangan penyaluran dan akan tertanam dalam poer, dimana poer nantinya akan dipasang pada tiap-tiap ujung tiang pancang.



Gambar 7.8 – Contoh tulangan spiral isian tiang pancang

Tiang pancang yang telah terpotong kemudian dilapisi dengan selimut beton bertulang setebal 10 cm dan setebal $\pm 2,0$ m yang berfungsi untuk membantu menyabungkan tiang pancang ke pile cap. Proses pemancangan dilakukan sampai semua tiang pancang sudah terpasang pada titik – titik yang telah direncanakan.

Sebelum perakitan poer, terlebih dahulu dipasang sebuah landasan untuk bekisting berupa sabuk yang berbentuk cincin yang akan diperkuat dengan baut untuk mengekangnya (Lihat Gambar 7.9). Setelah cincin terpasang kemudian dipasang temporary support (Lihat Gambar 7.10). *Temporary support* adalah sejenis alat bantu yang terbuat dari besi yang terdiri dari pelat penyangga, pelat pengunci serta sebuah pelat landasan. Fungsi dari *temporary support* ini adalah menahan struktur lanjutan yang ada diatasnya.

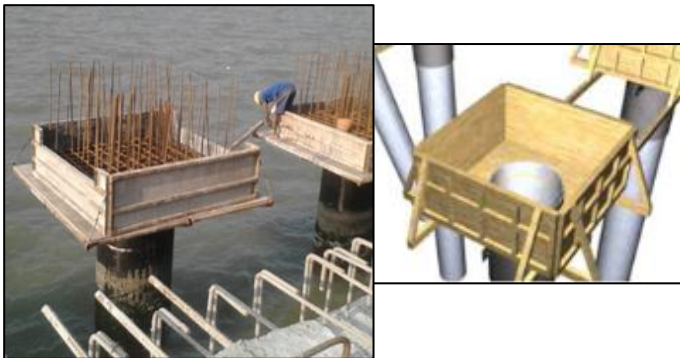


Gambar 7.9 - Cincin tiang pancang

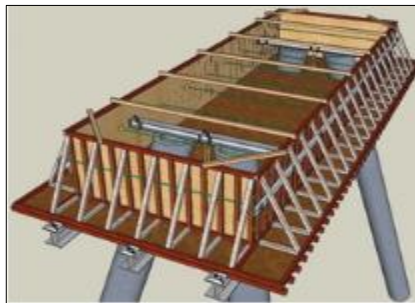


Gambar 7.10 - *Temporary support*
(Sumber : kalibaru project pt.pp)

Selanjutnya tulangan poer dilanjutkan dengan proses pemasangan bekisting (Lihat Gambar 7.11 dan Gambar 7.12) . fungsi dari bekisting sendiri adalah sebagai penahan beton yang dicor agar sesuai dengan desain yang direncanakan. Pada proses pemasangan bekisting, bekisting harus dikerjakan edengan teliti dan lurus, serta hubungan antar papan bekisting harus rapat agar saat dilakukan pengecoran adukan beton tidak merembes keluar. Setelah pemasangan bekisting selesai maka dilakukannya pengecoran, pengecoran Pengecoran dilakukan sekaligus sehingga antara beton pengisi tiang dan poer monolit.



Gambar 7.11 – Contoh Bekisting dan penulangan poer



Gambar 7.12 – Contoh Bekisting *Mooring* dan *Breasting Dolphin*

Sedangkan pengerjaan poer untuk *Mooring* dan *Breasting Dolphin*, perlu disediakan lubang sebagai tempat untuk angker dan baut untuk pemasangan bollard dan fender. Pembuatan lubang dapat menggunakan pipa atau batang pisang yang diletakkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengecoran.

7.3.3 Pekerjaan Balok dan Pelat

Diawali dengan pemasangan bekisting untuk balok memanjang dan melintang sesuai dengan ukuran rencana dengan kayu sebagai landasan yang telah terpasang pada bekisting tersebut. Seperti halnya bekisting poer, bekisting balok juga terbuat dari kayu yang pembuatannya dan pemasangannya harus benar – benar diperhatikan dari segi kekokohan, kelurusan dan kerapatannya. Pertemuan antar balok memanjang dan melintang harus dipasang di atas tiang pancang agar penyaluran beban sempurna baik itu dalam pekerjaan dalam pelaksanaan Loading Platform (LP) . Pemasangan bekisting balok dapat dilihat pada Gambar 7.13.

Penulangan balok dirangkai terlebih dahulu di workshop, untuk penulangan pada pelat dirangkai di tempat tepatnya di atas bekisting balok. Pada saat penempatan tulangan di lapangan, harus diperhatikan jarak antar tulangan dengan bekisting yaitu tebal selimut 7 cm. Untuk mendapatkan tebal selimut minimum biasanya digunakan beton decking (lihat Gambar 7.14) pada titik tertentu agar besi tulangan tidak melendut. Pemasangan bekisting balok dan pelat pada *Loading Platform* (LP).



Gambar 7.13 – Bekisting Balok *loading platform*



Gambar 7.14 – Decking beton *Loading Platform*

Pada proses pengecoran balok diusahakan agar pada waktu mengecor tinggi balok sudah dikurangi dengan tinggi plat agar balok dan pelat menjadi kesatuan yang *monolith* pada saat mengecor topping pelat.

Selanjutnya proses pengecoran jika semua tulangan telah terpasang. Pada saat beton basah dituangkan, tinggi jatuh beton *readymix* tidak lebih dari 1m karena untuk menghindari agar jatuhnya beton tidak merusak bekisting dan beton dpadatkan menggunakan *vibrator*.

Pengecoran dilakukan secara menerus dan hanya boleh berhenti di tempat yang di anggap aman dan telah direncanakan sebelumnya. Bila melanjutkan proses pengecoran kembali, hasil pengecoran sebelumnya harus dibersihkan permukaannya terlebih dahulu dan dibuat kasar agar dapat melekat sempurna. Sebelum proses penyambungan permukaan beton yang lama harus disiram dengan air semen (PC) 1 : 0,45 air, kemudian diberi lem beton pada permukaan sambungan baru di cor kembali.

Selama proses pengerasan, beton harus dilindungi dengan air bersih/ditutup dengan karung basah (proses curing) selama kurang lebih 10 hari setelah proses pengecoran

Pembongkaran bekisting beton tidak boleh dilakukan sebelum proses pengerasan menurut PBI 1971 dan pembongkaran harus dilakukan secara hati –hati agar jangan sampai merusak beton yang telah mengeras.

7.3.4 Pemasangan Utilitas Dermaga

Pekerjaan utilitas pada dermaga ini meliputi pemasangan Marine Loading Arm, fire tower monitor, jib crane, rumah pompa dan instalasi pipa (lihat Gambar 7.15). Untuk mekanisme pemasangan untuk masing-masing item dilakukan sesuai dengan prosedur pemasangan alat masing-masing.



Gambar 7.15 – Contoh Utilitas Dermaga (*Marine Loading Arm*)

7.4 Pekerjaan Breasting Dolphin

Pekerjaan *Breasting Dolphin* memiliki tahap – tahap sebagai berikut :

1. Pekerjaan Pemancangan
2. Pekerjaan Poer (Pile Cap)
3. Pemasangan Fender

7.4.1 Pekerjaan Pemancangan (dapat dilihat di subbab 7.3.1)

7.4.2 Pekerjaan Poer (dapat dilihat di subbab 7.3.2)

7.4.3 Pemasangan Fender

Setelah beton mengeras, fender beserta aksesorisnya dipasang pada angker yang telah tertanam dengan menggunakan baut. Fender yang digunakan adalah fender Trelleborg tipe SCN 700 E3.1 (lihat Gambar 7.16). Alternative lain untuk mencegah ketidak tepatan pemasangan fender dengan cara mengebor pada beton fender kemudian dimasukkan *resin hardener* didorong dan diputar sampai hancur dengan ujung baut angker kemudian ditunggu sampai mengeras.



Gambar 7.16 – Contoh Fender yang telah terpasang

7.5 Pekerjaan Mooring Dolphin

Pekerjaan *Mooring Dolphin* memiliki tahap – tahap sebagai berikut :

1. Pekerjaan Pemancangan (dapat dilihat di **subbab 7.3.1**)
2. Pekerjaan Poer (Pile Cap) (dapat dilihat di **subbab 7.3.1**)
3. Pemasangan Bollard

7.5.1 Pekerjaan Pemancangan (dapat dilihat di **subbab 7.3.1**)

7.5.2 Pekerjaan Poer (dapat dilihat di **subbab 7.3.2**)

7.5.3 Pemasangan Bollard

Untuk pemasangan bollard sama sperti pada pemasangan fender setelah beton mengeras sempurna, bollard dipasang pada anker yang tertanam pada saat pengecoran atau dapat menggunakan bantuan *resin hardener* untuk mencegah ketidak tepatan pemasangan baut.

Jenis bollard yang digunakan adalah QRH double hook produk *Trelleborg* dengan *type 45 series double hook* (lihat Gambar 7.17). Diperlukan instalasi listrik yang memadai agar bollard bisa digunakan dengan baik.



Gambar 7.17 – Contoh QRH Bollard yang telah terpasang

7.6 Pekerjaan *Catwalk*

Pekerjaan *Mooring Dolphin* memiliki tahap – tahap sebagai berikut :

1. Pekerjaan Pemancangan (dapat dilihat di **subbab 7.3.1**)
2. Pekerjaan Poer (Pile Cap) (dapat dilihat di **subbab 7.3.1**)
3. Pemasangan *Catwalk*

7.6.1 Pekerjaan Pemancangan (dapat dilihat di **subbab 7.3.1**)

7.6.2 Pekerjaan Poer (dapat dilihat di **subbab 7.3.2**)

7.6.3 Pemasangan *Catwalk*

Tahap awal dalam pemasangan *catwalk* yaitu menyiapkan dudukan atau tempat perletakan dari *catwalk* itu sendiri. Dimana perletakan terbuat dari karet/elastomer yang dipasang di atas Loading Platform, Mooring dan Breasting Dolphin. Perakitan *catwalk* dilakukan area workshop.

Tahap selanjutnya dilakukan dengan bantuan ponton, mobile crane, ponton crane dan teodolit. Ponton berfungsi untuk membawa potongan *catwalk* yang telah dilas di darat, mobile crane berfungsi untuk mengangkat *catwalk* untuk diletakkan di ponton, dan ponton crane berfungsi mengangkat *catwalk* untuk diletakan diperletakan. Dalam pemasangannya dibantu dengan teodolit agar lebih presisi. Setelah *catwalk* selesai dibangun, kemudian dipasang pelat baja grating untuk injakan kaki serta pegangan tangan pada *catwalk*nya. (lihat Gambar 7.18).



Gambar 7.18 – Contoh *Catwalk*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VIII

RENCANA ANGGARAN BIAYA

8.1 Umum

Dalam bab Rencana Anggaran biaya ini menjelaskan mengenai prosedur dan cara dalam menghitung analisis biaya keseluruhan pembangunan jetty muatan aspal. Adapun hal – hal yang perlu diperhatikan meliputi:

- a. Penentuan harga material dan alat
- b. Analisa harga satuan
- c. Perhitungan rencana anggaran biaya

8.2 Harga Material dan Alat

Harga material dan alat diambil dari “Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomer PM. 78 Tahun 2014” dan referensi dari beberapa proyek lain. Untuk lokasi proyek yang berada di Kabupaten Bontang maka harga dikalikan dengan nilai koefisien kemahalan sebesar 1,1298. Berikut ini rincian daftar harga material dan bahan pada Tabel 8.1.

Tabel 8.1 - Daftar Harga Material dan Alat

No	Jenis Bahan	Satuan	Harga satuan yang digunakan
A	Semen		
1	Semen Portland	Sak	Rp 69.711,62
2	Beton Ready Mix K350	m ³	Rp 858.309,06
B	Bahan dan Material		
1	Batu Pecah 1 - 2 cm	m ³	Rp 304.994,68
2	Pasir Beton	m ³	Rp 185.703,02
3	Steel Pile D = 1016 mm, t = 22mm	Kg	Rp 11.016.171,39
4	Besi Tulangan D10	Kg	Rp 20.490,05
5	Besi Tulangan D13	Kg	Rp 20.490,05
6	Besi Tulangan D16	Kg	Rp 20.490,05
7	Besi Tulangan D19	Kg	Rp 20.490,05
8	Besi Tulangan D22	Kg	Rp 20.490,05
9	Plat Baja Transisional	Kg	Rp 3.191.685,00
10	Profil Hollow 273	m'	Rp 1.832.761,56
11	Profil Hollow 88,9	m'	Rp 1.269.104,34
12	Plat Grating	m ³	Rp 245.392,56
13	Paku	Kg	Rp 23.032,90
14	Kawat Beton	Kg	Rp 23.806,59
15	Kawat Las (elektroda)	Kg	Rp 29.255,04
16	Pipa Baja	Kg	Rp 16.947,00
17	Elastomer	Buah	Rp 1.013.046,47
18	Kayu Balok Kelas II	m ³	Rp 816.280,50
19	Multiplek	lb	Rp 340.905,85
20	Oli	liter	Rp 39.776,87
21	Solar	liter	Rp 11.603,05
22	Air	liter	Rp 564,90
C	Utilitas Dermaga		
1	PDA test	Buah	Rp 19.402.620,30
2	Tes Material Beton	ls	Rp 14.431.289,00
3	QRH Bollard	unit	Rp 345.000.000,00
4	Fender SCN	unit	Rp 175.500.000,00
5	Marine Loading Arm BO300	unit	Rp 1.322.100.000,00
8	Jib Crane	unit	Rp 1.050.000.000,00
7	Fire Monitor Tower	unit	Rp 220.350.000,00
8	Pipa API 5L ø16"	m'	Rp 211.536.000,00

8.3 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan merupakan acuan untuk menghitung harga standart satuan pekerjaan. Dalam tugas akhir ini analisa harga satuan pekerjaan yang digunakan merupakan yang berada di Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomer PM. 78 Tahun 2014 yang sesuai dengan pekerjaan yang dibutuhkan. Analisa harga satuan pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 8.2.

Tabel 8.2 - Analisa Harga Satuan Menurut Permen Hub No 78

Pembangunan Dermaga Penyeberangan : Pekerjaan Persiapan						
401	PEKERJAAN PERSIAPAN					
401	5001	--Pengukuran	hari	180,00	698.277,72	125.689.989,60
401	--Penerangan/keselamatan kerja					
401	5002	--Operasional Penerangan	hari	180,00	3.530.938,26	635.568.887,48
401	--Perlengkapan Keselamatan Kerja		ls	1,00	1.000.000,00	1.000.000,00
401	--Kabel dan lampu untuk penerangan		ls	1,00	1.500.000,00	1.500.000,00
401	--Mobilisasi dan demobilisasi		ls	1,00	440.000.000,00	440.000.000,00
401	--Direksi Keet beserta perlengkapannya		ls	1,00	25.200.000,00	25.200.000,00
401	2	Pagar Pengaman Proyek	ls	1,00	479.500,36	479.500,36
401	- Asuransi					
401	--Construction all risks		ls	0,00	36.363.640.000,00	100.000.008,00
401	--Asuransi tenaga kerja		ls	0,00	36.363.640.000,00	36.363.644,00
401	--Dokumentasi/Administrasi/As Built Drawing		ls	1,00	35.000.000,00	35.000.000,00
	JUMLAH					1.400.802.029,44
	PPN 10 %					140.080.202,94
	JUMLAH TOTAL					1.540.882.232,38
	Harga per- Paket					1.540.882.233,00

Operasional Ponton Transport (Hari)						
3002	201	Pekerja.	oh	10,0000	80.814,86	808.149,60
3002	204	Operator.	oh	1,0000	95.192,55	95.192,55
3002	226	Pembantu Operator.	oh	2,0000	57.245,00	114.490,00
3002	639	Ponton Transport	jam	5,0000	1.070.000,00	5.350.000,00
3002	7039	Grease	kg	2,0000	74.900,00	149.800,00
3002	7030	Oil	l	5,0000	35.207,00	176.035,00
3002	7041	Solar	l	200,0000	10.270,00	2.054.000,00
Jumlah					1.017.832,12	2.379.835,00
						5.350.000,00
						8.747.667,15
Pengangkutan Tiang Pancang Ke Titik Pancang (M ³)						
3003	93001	Operasional Cravel Crane (Hari)	hari	0,0080	5.115.687,55	1.677,46
3003	93002	Operasional Ponton Transport (Hari)	hari	0,0080	8.747.667,15	16.146,68
Jumlah					16.146,68	16.101,36
						40.925,50
						69.981,34
					9.820,12	42.185,36
						58.901,36
						110.906,84
Operasional Diesel Hammer (Hari)						
3004	201	Pekerja.	oh	3,0000	80.814,86	242.444,88
3004	204	Operator.	oh	1,0000	95.192,55	95.192,55
3004	226	Pembantu Operator.	oh	2,0000	57.245,00	114.490,00
3004	672	Diesel Hammer	jam	5,0000	423.720,00	2.118.600,00
3004	7020	Karbit	kg	2,0000	19.688,00	39.376,00
3004	7030	Oil	l	4,0000	35.207,00	140.828,00
3004	7041	Solar	l	200,0000	10.270,00	2.054.000,00
Jumlah					452.127,43	2.234.204,00
						2.118.600,00
						4.904.931,43

Lanjutan Tabel 8.2

Pemancangan Tiang Tegak (M')									
3006	93003	Pengangkutan Tiang Pancang ke Titik Pancang (M')	m'	1,0000	110.906,84	9.820,12	42.185,36	58.901,36	110.906,84
3006	93004	Operasional Diesel Hammer (hari)	hari	0,0333	4.804.931,43	15.070,91	74.473,46	70.619,99	160.164,36
3006	93005	Operasional Ponton Pancang (hari)	hari	0,0333	9.764.717,32	28.450,44	40.240,13	256.799,97	325.490,54
Jumlah					53.341,47	156.898,95	386.321,33	596.561,75	
Pemancangan Tiang Miring (M')									
3007	93033	Pengangkutan Tiang Pancang ke Titik Pancang (M')	m'	1,0000	110.906,84	9.820,12	42.185,36	58.901,36	110.906,84
3007	93004	Operasional Diesel Hammer (hari)	hari	0,0417	4.804.931,43	18.838,64	93.091,84	88.275,01	200.205,49
3007	93005	Operasional Ponton Pancang (hari)	hari	0,0417	9.764.717,32	35.563,06	50.300,17	321.000,03	406.863,25
Jumlah					64.221,82	185.577,37	468.176,39	717.975,58	
Penyambungan Tiang Pancang Baja (buah)									
3008	201	Pekerja	oh	0,2000	80.814,96	16.162,59	0,00	0,00	16.162,59
3008	206	Mandor	oh	0,0200	123.988,39	2.480	0,00	0,00	2.480
3008	254	Tukang Las	oh	0,2000	95.192,55	19.038,51	0,00	0,00	19.038,51
3008	626	Generator Set	jam	1,0000	272.850,00	0,00	0,00	272.850,00	272.850,00
3008	633	Mesin las 40 Amp	jam	1,0000	277.208,11	0,00	0,00	277.208,11	277.208,11
3008	2120	Plat baja	kg	1,0000	13.733,45	0,00	13.733,45	0,00	13.733,45
Jumlah					37.681,27	13.733,45	550.058,11	601.472,83	
Pemotongan Tiang Pancang Baja (Buah)									
3009	201	Pekerja	oh	1,0000	80.814,96	80.814,96	0,00	0,00	80.814,96
3009	254	Tukang Las	oh	0,5000	95.192,55	47.596,28	0,00	0,00	47.596,28
3009	634	Mesin Las Karbit	jam	1,0000	228.980,00	0,00	0,00	228.980,00	228.980,00
3009	639	Ponton Transport	jam	0,0250	1.070.000,00	0,00	0,00	26.750,00	26.750,00
3009	811	Alat bantu pemotongan tiang pancang	ls	1,0000	30.602,00	0,00	0,00	30.602,00	30.602,00
3009	7003	Acetelin @ 15 kg	tabung	0,3000	155.150,00	0,00	46.545,00	0,00	46.545,00
3009	7029	Oxygen (tabung)	tabung	0,0500	642.000,00	0,00	32.100,00	0,00	32.100,00
Jumlah					128.411,24	78.645,00	266.332,00	493.388,24	
Beton Is (Tiang Pancang (M3))									
3020	201	Pekerja	oh	1,0000	80.814,96	80.814,96	0,00	0,00	80.814,96
3020	206	Mandor	oh	0,1000	123.988,39	12.398,84	0,00	0,00	12.398,84
3020	244	Tukang Besi	oh	0,5000	95.192,55	47.596,28	0,00	0,00	47.596,28
3020	90148	Pemeliharaan dengan besi pelat(kg)	kg	110,0000	11.852,18	148.056,36	1.155.683,94	0,00	1.303.740,30
3020	91433	Beton K-400 (M3)	m3	0,8700	2.620.487,70	24.838,63	1.682.666,78	48.221,36	1.755.726,76
3020	93019	Pelat Stopper Tiang Pancang (M3)	m3	11,5600	60.867,57	513.947,37	189.681,68	0,00	703.629,05
Jumlah					827.652,43	3.028.032,40	48.221,36	3.903.906,19	
Percobaan pembebanan tiang pancang (PDA test)									
3041	529	Tes PDA	oh	1,0000	17.173.500,00	17.173.500,00	0,00	0,00	17.173.500,00
Jumlah					17.173.500,00	17.173.500,00	0,00	0,00	17.173.500,00
Tes Material Beton (ls)									
3042	201	Pekerja	oh	7,0000	80.814,96	565.704,72	0,00	0,00	565.704,72
3042	207	Asisten Laborat	oh	7,0000	80.814,96	565.704,72	0,00	0,00	565.704,72
3042	239	Tenaga Ahli	oh	7,0000	181.500,00	1.273.300,00	0,00	0,00	1.273.300,00
3042	514	Job Mix Design	ls	3,0000	3.745.000,00	3.745.000,00	0,00	0,00	3.745.000,00
3042	527	Sounding	m2	1,0000	3.745,00	3.745,00	0,00	0,00	3.745,00
3042	528	Tes Kuat Tekan	ls	3,0000	5.350.000,00	5.350.000,00	0,00	0,00	5.350.000,00
3042	1102	Semen PC	kg	150,0000	1.284,00	0,00	192.600,00	0,00	192.600,00
3042	1205	Agregat Pecah Mesin 20-30 mm	m3	0,2500	269.954,58	0,00	67.488,65	0,00	67.488,65
3042	1240	Pasir beton	m3	0,2500	164.368,05	0,00	41.092,01	0,00	41.092,01
3042	2004	Besi beton	kg	53,4136	18.135,43	0,00	968.677,88	0,00	968.677,88
Jumlah					11.503.454,44	1.269.858,54	0,00	12.773.312,58	
Sounding									
3043	527	Sounding	m2	1,0000	3.745,00	3.745,00	0,00	0,00	3.745,00
Jumlah					3.745,00	3.745,00	0,00	0,00	3.745,00

Lanjutan Tabel 8.2

Pembesian dengan besi ulir(kg)								
149	201	Pekerja	oh	0,0050	60.814,96	404,07	0,00	404,07
149	206	Mandor	oh	0,0003	123.988,39	37,20	0,00	37,20
149	211	Kepala Tukang Batu	oh	0,0005	109.596,89	54,80	0,00	54,80
149	243	Tukang Batu	oh	0,0050	95.192,55	475,96	0,00	475,96
149	2006	Besi Beton Ulir	kg	1,0500	10.336,70	0,00	10.853,01	10.853,01
149	2304	Kawat Beton/Bendrat RRT	kg	0,0150	21.073,51	0,00	316,07	316,07
Jumlah						972,03	11.169,08	12.141,12

Pengadaan Tiang Pancang Baja (1 kg)								
3037	512	Bongkar muat di pelabuhan	kg	1,0000	535,00	535,00	0,00	535,00
3037	513	Bongkar muat di pelabuhan sementara	kg	1,0000	695,50	695,50	0,00	695,50
3037	523	Pengangkutan dari pabrik (1 ton pipa ekuvalen dengan 2 m3 volume)	kg	1,0000	722,25	722,25	0,00	722,25
3037	531	Transport dari pelabuhan ke pelabuhan sementara (1 ton pipa ekuvalen dengan 2 m3 volume)	m3	2,0000	2.407,50	4.815,00	0,00	4.815,00
3037	532	Transport dari pelabuhan sementara ke lokasi proyek (1 ton pipa ekuvalen dengan 2 m3 volume)	m3	2,0000	1.177,00	2.354,00	0,00	2.354,00
3037	3021	Pipa Baja	kg	1,0000	15.000,00	0,00	15.000,00	15.000,00
3037	6030	Kayu kelas III	m3	0,0001	3.745.000,00	0,00	187,25	187,25
Jumlah						9.121,75	15.187,25	24.309,00

Pembersihan Lokasi Pekerjaan dengan Alat Berat (ts/hari)								
3038	204	Operator	oh	1,0000	95.192,55	95.192,55	0,00	95.192,55
3038	206	Mandor	oh	2,0000	123.988,39	247.976,78	0,00	247.976,78
3038	206	Mandor	oh	5,0000	123.988,39	619.941,95	0,00	619.941,95
3038	226	Pembantu Operator	oh	1,0000	57.245,00	57.245,00	0,00	57.245,00
3038	620	Dump Truck 3.5 Ton	jam	5,0000	160.500,00	0,00	802.500,00	802.500,00
3038	623	Excavator	jam	5,0000	374.500,00	0,00	1.872.500,00	1.872.500,00
3038	7030	oli	ltr	1,2000	35.307,00	0,00	42.248,40	42.248,40
3038	7041	Solar	ltr	200,0000	10.270,00	0,00	2.054.000,00	2.054.000,00
Jumlah						1.020.356,28	2.696.248,40	5.791.604,68

8.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Dalam perencanaan anggaran biaya ini, tahap pekerjaan yang dihitung meliputi :

- a. Pekerjaan Persiapan
- b. Pekerjaan Mooring Dolphin 1
- c. Pekerjaan Mooring Dolphin 2
- d. Pekerjaan Breasting Dolphin
- e. Pekerjaan Loading Platform
- f. Pekerjaan Catwalk

Berikut ini adalah rincian kebutuhan tiap pekerjaan yang dilakukan dapat dilihat dalam Tabel 8.3 sampai dengan Tabel 8.8.

Tabel 8.3 - Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Persiapan

No	Uraian Pekerjaan	Volume	satuan	Harga satuan	Total Harga
I	Pekerjaan Persiapan				
	1 Pembersihan Lahan	1	ls	Rp 1.000.000.000,00	Rp 1.000.000.000,00
	2 Mobilisasi dan demobilisasi	1	ls	Rp 500.000.000,00	Rp 500.000.000,00
	3 Administrasi	1	ls	Rp 50.000.000,00	Rp 50.000.000,00
				Total Cost	Rp 1.550.000.000,00

Tabel 8.4 – Rencana Anggaran Biaya Mooring Dolphin 1

Uraian Pekerjaan	Volume	satuan	Harga satuan	Total Harga
Pekerjaan 1 Mooring Dolphin 1		buah		
1 Steel Pipe Pile Ø1016 mm, t=22mm	80	m'	Rp 11.016.171,39	Rp 881.293.711,20
2 Transportasi ke lokasi dan positioning	80	m'	Rp 120.000,00	Rp 9.600.000,00
3 Pengadaan dan pemasangan sepatu tiang	4	buah	Rp 2.282.514,74	Rp 9.130.058,98
4 Pemancangan				
	40	m'	Rp 479.157,80	Rp 19.166.311,81
	40	m'	Rp 576.677,99	Rp 23.067.119,43
5 Percobaan Pembebanan Tiang pancang(PDA tes)	1	buah	Rp 13.793.755,20	Rp 13.793.755,20
6 Penyambungan Tiang Pancang	4	buah	Rp 485.968,14	Rp 1.943.872,58
7 Pemotongan Tiang Pancang (1 tiang 1 kali potong)	4	buah	Rp 454.040,63	Rp 1.816.162,52
8 Pengisian Tiang Pancang oleh Beton	4	buah		
	3,401	m³	Rp 3.128.789,18	Rp 42.567.358,56
9 Pile Jacket	4	buah		
	0,742	m³	Rp 7.180.099,76	Rp 21.316.316,48
	16	m²		
10 Pelat Mooring Dolphin	19,2	m³	Rp 832.352,30	Rp 15.981.164,25
11 Pembesian	48	m'	Rp 16.930,69	Rp 812.673,09
	793,6	m'	Rp 55.619,96	Rp 44.140.000,08
	35,2	m²	Rp 465.220,54	Rp 16.375.763,02
12 Bekisting				
	1	buah	Rp 345.000.000,00	Rp 345.000.000,00
13 QRH Bollard				
			Total	Rp 1.446.004.267,19
			Total Cost	Rp 11.568.034.137,55

Tabel 8.5 - Rencana Anggaran Biaya Mooring Dolphin 2

Uraian Pekerjaan	Volume	satuan	Harga satuan	Total Harga
Pekerjaan 1 Mooring Dolphin 2				
1 Steel Pipe Pile Ø1016 mm, t=22mm	160	m ¹	Rp 11.016.171,39	Rp 1.762.587.422,40
2 Transportasi ke lokasi dan positioning	160	m ¹	Rp 120.000,00	Rp 19.200.000,00
3 Pengadaan dan pemasangan sepatu tiang	8	buah	Rp 2.282.514,74	Rp 18.260.117,95
4 Pemancangan				
Tegak	40	m ¹	Rp 479.157,80	Rp 19.166.311,81
Miring	120	m ¹	Rp 576.677,99	Rp 69.201.358,30
5 Percobaan Pembebanan Tiang pancang(PDA tes)	1	buah	Rp 13.793.755,20	Rp 13.793.755,20
6 Penyambungan Tiang Pancang	8	buah	Rp 485.968,14	Rp 3.887.745,15
7 Pemotongan Tiang Pancang (1 tiang 1 kali potong)	8	buah	Rp 454.040,63	Rp 3.632.325,05
8 Pengisian Tiang Pancang oleh Beton	8	buah		
Pembetonan	3,401	m ³	Rp 3.128.789,18	Rp 85.134.717,12
9 Pile Jacket	8	buah		
Pembetonan	0,742	m ³	Rp 7.180.099,76	Rp 42.632.632,96
10 Pelat Mooring Dolphin	36	m ²		
Pembetonan	43,2	m ³	Rp 832.352,30	Rp 35.957.619,56
11 Pembesian				
Besi Ø13	72	m ¹	Rp 16.930,69	Rp 1.219.009,63
Besi Ø19	1612,8	m ¹	Rp 55.619,96	Rp 89.703.871,13
12 Bekisting	64,8	m ²	Rp 465.220,54	Rp 30.146.291,01
13 QRH Bollard	2	buah	Rp 345.000.000,00	Rp 690.000.000,00
			Total	Rp 2.884.523.177,28
			Total Cost	Rp 5.769.046.354,55

Tabel 8.6 - Rencana Anggaran Biaya Breasting Dolphin

Uraian Pekerjaan	Volume	satuan	Harga satuan	Total Harga
Pekerjaan 1 Breasting Dolphin	4	buah		
1 Steel Pipe Pile Ø1016 mm, t=22mm	100	m ³	Rp 11.016.171,39	Rp 1.101.617.139,00
2 Transportasi ke lokasi dan positioning	100	m ³	Rp 120.000,00	Rp 12.000.000,00
3 Pengadaan dan Pemasangan Sepatu Tiang	5	buah	Rp 2.282.514,74	Rp 11.412.573,72
4 Pemancangan				
Tegak	60	m ³	Rp 479.157,80	Rp 28.749.467,71
Miring	40	m ³	Rp 576.677,99	Rp 23.067.119,43
5 Penyambungan Tiang Pancang	5	buah	Rp 485.968,14	Rp 2.429.840,72
6 Pemotongan Tiang Pancang (1 tiang 1 kali potong)	5	buah	Rp 454.040,63	Rp 2.270.203,15
7 Pengisian Tiang Pancang oleh Beton	5	buah		
Pembetonan	3,401	m ³	Rp 3.128.789,18	Rp 53.209.198,20
8 Pile Jacket	5	buah		
Pembetonan	0,742	m ³	Rp 7.180.099,76	Rp 26.645.395,60
9 Pelat Breasting Dolphin	25	m ²		
Pembetonan	37,5	m ³	Rp 832.352,30	Rp 31.213.211,42
10 Pembesian				
Besi Ø10	120	m ³	Rp 16.930,69	Rp 2.031.682,72
Besi Ø19	1248	m ³	Rp 55.619,96	Rp 69.413.709,80
11 Bekisting	55	m ²	Rp 465.220,54	Rp 25.587.129,72
12 Pengadaan Fender SCN 700 – E3.1	1	buah	Rp 175.500.000,00	Rp 175.500.000,00
		Total		Rp 1.567.416.874,36
		Total Cost		Rp 6.269.667.497,42

Tabel 8.7 - Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Loading Platform

Uraian Pekerjaan		Volume	satuan	Harga satuan	Total Harga
Pekerjaan Loading platform					
1	Steel Pipe Pile Ø1016 mm, t=22mm	240	m'	Rp 11.016.171,39	Rp 2.643.881.133,60
2	Transportasi ke lokasi dan positioning	240	m'	Rp 120.000,00	Rp 28.800.000,00
3	Pengadaan dan Pemasangan Sepatu Tiang	12	buah	Rp 2.282.514,74	Rp 27.390.176,93
4	Pemancangan	240	m'	Rp 479.157,80	Rp 114.997.870,85
5	Penyambungan Tiang Pancang	12	buah	Rp 485.968,14	Rp 5.831.617,73
7	Pengisian Tiang Pancang oleh Beton	12	buah		
	Pembetonan	3.401	m³	Rp 3.128.789,18	Rp 127.702.075,68
8	Pile jacket	12	buah		
	Pembetonan	0,742	m³	Rp 7.180.099,76	Rp 63.948.949,44
9	Pile Cap 200 x 200 x 100 cm	12	buah		
	Pembetonan	4	m³	Rp 832.352,30	Rp 39.952.910,62
10	Pembesian				
	Besi Ø16	384	m'	Rp 16.930,69	Rp 6.501.384,69
	Besi Ø22	660	m'	Rp 55.619,96	Rp 36.709.173,45
11	Bekisting	12	m²	Rp 465.220,54	Rp 66.991.757,80
12	Balok 50 x 70 cm Menaanjang	69	m'		
	Pembetonan	24,15	m³	Rp 832.352,30	Rp 20.101.308,16
13	Pembesian				
	Besi Ø10	138	m'	Rp 16.930,69	Rp 2.336.435,12
	Besi Ø16	414	m'	Rp 55.619,96	Rp 23.026.663,35
14	Bekisting	131,1	m²	Rp 465.220,54	Rp 60.990.412,83
15	Balok 50 x 70 cm Melintang	64	m'		
	Pembetonan	22,4	m³	Rp 832.352,30	Rp 18.644.691,62
16	Pembesian				
	Besi Ø10	128	m'	Rp 16.930,69	Rp 2.167.128,23
	Besi Ø16	576	m'	Rp 55.619,96	Rp 32.037.096,83
17	Bekisting	121,6	m²	Rp 465.220,54	Rp 56.570.817,70
18	Pelat Beton t=35 cm	368	m²		
	Besi Ø16	312	m'	Rp 16.930,69	Rp 5.282.375,06
20	Bekisting	395,3	m²	Rp 465.220,54	Rp 183.901.679,58
21	Tes Material Beton	1	ls	Rp 10.259.524,99	Rp 10.259.524,99
23	Pengadaan dan Pemasangan Marine Loading Arm	2	buah	Rp 1.322.100.000,00	Rp 2.644.200.000,00
25	Pengadaan dan Pemasangan Fire Monitor Tower	1	buah	Rp 220.350.000,00	Rp 220.350.000,00
26	Pengadaan dan Pemasangan Jib Crane	1	buah	Rp 1.050.000.000,00	Rp 1.050.000.000,00
27	Pengadaan dan Pemasangan Pipa	35	m'	Rp 211.536.000,00	Rp 7.403.760.000,00
				Total	Rp 15.129.373.660,93
				Total Cost	Rp 30.258.747.321,86

Tabel 8.8 - Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Catwalk

Uraian Pekerjaan	Volume	satuan	Harga satuan	Total Harga
Pekerjaan Catwalk				
1 Catwalk				
6 Profil Hollow 273	654	m'	Rp 1.832.761,56	Rp 1.198.626.060,24
6 Profil Hollow 88,9	1199	m'	1269104,34	Rp 1.521.656.103,66
6 Plat Grating	16,35	m3	245392,56	Rp 4.012.168,36
5 Steel Pipe Pile Ø1016 mm, t=22mm	80	m'	Rp 8.981.494,85	Rp 718.519.587,84
6 Transportasi ke lokasi dan positioning pancang	80	m'	Rp 120.000,00	Rp 9.600.000,00
7 Pengadaan dan pemasangan sepatu tiang	4	buah	Rp 2.282.514,74	Rp 9.130.058,98
9 Penyambungan tiang pancang (1tiang 1 sambungan)	4	buah	Rp 485.968,14	Rp 1.943.872,58
10 Pemotongan tiang pancang (1 tiang 1 kali potong)	4	buah	Rp 454.040,63	Rp 1.816.162,52
11 Pengisian tiang pancang oleh beton	4	buah		
6 Pembetonan	3,401	m3	Rp 3.128.789,18	Rp 42.567.358,56
12 Pile jacket	4			
6 Pembetonan	0,742	m3	Rp 7.180.099,76	Rp 21.316.316,48
6 pembesian		kg		
6 bekisting	15,5509	m2		
13 Pile cap tunggal 200 x 200 x 100 cm	4			
6 Pembetonan	4	m3	Rp 832.352,30	Rp 13.317.636,87
14 Pembesian				
6 Besi Ø13	8	m'	Rp 16.930,69	Rp 541.782,06
6 Besi Ø19	32	m'	Rp 55.619,96	Rp 7.119.354,85
15 Bekisting	12	m ²	Rp 465.220,54	Rp 22.330.585,93
			Total Cost	Rp 3.595.496.623,10

8.5 Rekapitulasi Harga

Rekapitulasi harga adalah hasil dari penjumlahan dari setiap pekerjaan ditambah Pajak Pertambahan Nilai (PPN) sebesar 10%. Hasil rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 8.9.

Tabel 8.9 - Rekapitulasi Harga Pembangunan Jetty

No	Uraian Pekerjaan	Harga Pekerjaan
I	Pekerjaan Persiapan	Rp 1.550.000.000,00
II	Pekerjaan Mooring Dolphin 1	Rp 11.568.034.137,55
III	Pekerjaan Mooring Dolphin 2	Rp 5.769.046.354,55
IV	Pekerjaan Breasting Dolphin	Rp 6.269.667.497,42
V	Pekerjaan loading platform Dolphin	Rp 30.258.747.321,86
VI	Pekerjaan Catwalk	Rp 3.595.496.623,10
	TOTAL	Rp 59.010.991.934,48
	PPN 10%	Rp 5.901.099.193,45
	TOTAL COST	Rp 64.912.091.127,93
	TOTAL COST (dibulatkan)	Rp 64.915.000.000,00

Terbilang:

Enam puluh empat milyar sembilan ratus lima belas juta rupiah. Anggaran biaya akhir untuk proyek pembangunan jetty untuk kapal 17.000 DWT di kabupaten Bontang yang telah dianalisa diatas tidak termasuk pekerjaan pengerukan dan pembuatan Trestle. Maka didapat biaya permeter persegi dengan luas jetty sekitar 1330 m² didapat sebesar Rp 48.808.270,00 (*Empat puluh delapan juta delapan ratus delapan ribu dua ratus tujuh puluh rupiah*).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IX

KESIMPULAN

9.1 Umum

Pada bab ini, akan dijelaskan hasil dan kesimpulan dari bab-bab sebelumnya sekaligus menjadi kesimpulan untuk tugas akhir ini. Berikut adalah beberapa kesimpulan yang diambil dalam tugas akhir ini.

9.2 Kesimpulan

Berdasarkan pada bab-bab sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Spesifikasi kapal rencana
 - *Dead Weight Tonnage* (DWT) : 17.000 DWT
 - *Displacement Tonnage* : 23.768,4 Ton
 - Panjang Kapal (LOA) : 158 m
 - Lebar Kapal (B) : 21 m
 - Draft Kapal (d) : 7 m
- b. Struktur Jetty yang direncanakan terdiri dari :
 - Dua jenis *Mooring Dolphin* yang terdiri dari 8 *Mooring Dolphin* 1 dan 2 *Mooring Dolphin* 2
 - Empat *Breasting Dolphin*
 - Dua *Loading Platform*
 - Beberapa jenis *Catwalk* yang dibagi berdasarkan panjangnya.

c. Hasil perhitungan kebutuhan fasilitas perairan yang didapat sebagai berikut:

- Areal Penjangkaran dengan $R = 233$ meter, kedalaman -12 mLWS dan perairan dalam kondisi baik.
- Alur Masuk dengan panjang 1100 meter, lebar 320 meter dan kedalaman -8,5 mLWS.
- Kolam putar dengan diameter 320 meter, kedalaman -8 mLWS dan kapal dipandu *tugboats*.
- Kolam dermaga dengan panjang 200 meter, lebar 80 meter, kedalaman -8 mLWS dan berada didepan dermaga.

d. Struktur *Mooring Dolphin* 1 pada tugas akhir ini direncanakan cast in situ dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Dimensi struktur : 4 m x 4 m
- Tebal poer : 1,2 meter
- Mutu beton : K-350
- Mutu baja tulangan : U-32
- Diameter tulangan : D13 Dan D19
- Penulangan mooring
 - Arah x : D19-125 tulangan utama
D13-250 tulangan samping
 - Arah y : D19-250 tulangan utama
D13-250 tulangan samping
- Jenis bollard : QRH Bollard kapasitas 45 ton
- Jenis tiang pancang : Tiang pancang baja
- Dimensi tiang pancang : $\varnothing 1016$ mm t = 22 mm
- Kemiringan tiang : 8 : 1
- Mutu baja tiang : BJ 50
- Elevasi tanah : -8 mLWS
- Titik Jepit Tiang : -15,32 mLWS
- Kedalaman Tiang Tegak : -19,0 mLWS
- Kedalaman Tiang Miring : -20,0 mLWS

e. Struktur *Mooring Dolphin* 2 pada tugas akhir ini direncanakan cast in situ dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Dimensi struktur : 6 m x 6 m
- Tebal poer : 1,2 meter
- Mutu beton : K-350
- Mutu baja tulangan : U-32
- Diameter tulangan : D13 Dan D19
- Penulangan mooring
 - Arah x : D19-125 tulangan utama
D13-250 tulangan samping
 - Arah y : D19-250 tulangan utama
D13-250 tulangan samping
- Jenis bollard : 2 buah QRH Bollard 45 ton
- Jenis tiang pancang : Tiang pancang baja
- Dimensi tiang pancang : $\varnothing 1016$ mm t = 22 mm
- Kemiringan tiang : 8 : 1
- Mutu baja tiang : BJ 50
- Elevasi tanah : -8 mLWS
- Titik Jepit tiang : -15,32 mLWS
- Kedalaman Tiang Tegak : -17,0 mLWS
- Kedalaman Tiang Miring : -16,0 mLWS

f. Struktur *Breasting Dolphin* pada tugas akhir ini direncanakan cast in situ dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Dimensi struktur : 5 m x 5 m
- Tebal poer : 1,5 meter
- Mutu beton : K-350
- Mutu baja tulangan : U-32
- Diameter tulangan : D10 Dan D16

- Penulangan Breasting
 - Arah x : D16-250 tulangan utama
D10-250 tulangan samping
 - Arah y : D16-200 tulangan utama
D10-250 tulangan samping
- Tipe fender : SCN 700 E3.1
- Jenis tiang pancang : Tiang pancang baja
- Dimensi tiang pancang : Ø1016 mm t = 22 mm
- Kemiringan tiang : 8 : 1
- Mutu baja tiang : BJ 50
- Elevasi tanah : -8 mLWS
- Titik Jepit tiang : -15,32 mLWS
- Kedalaman Tiang Tegak & Miring : -16,0 mLWS

g. Struktur Loading Platform pada tugas akhir ini direncanakan cast in situ dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Dimensi struktur : 23 m x 16 m
- Tebal pelat : 35 cm
- Diameter tulangan : D16
- Penulangan pelat

Pelat tipe 1 (7x7m)

	Tumpuan	Lapangan
Arah X	D16-125	D16-250
Arah Y	D16-125	D16-250

Pelat tipe 2 (7x1m)

	Tumpuan	Lapangan
Arah X	D16-250	D16-250
Arah Y	D16-250	D16-250

Pelat tipe 3 (1x7m)

	Tumpuan	Lapangan
Arah X	D16-250	D16-250
Arah Y	D16-250	D16-250

Pelat tipe 4 (1x1m)

	Tumpuan	Lapangan
Arah X	D16-250	D16-250
Arah Y	D16-250	D16-250

- Diameter tuangan : D10 Dan D16
- Dimensi balok memanjang : 50 cm x 70 cm
- Penulangan Balok

		Utama	Samping	Senggang
Tumpuan	Atas	3-D16	2-D10	D13-300
	Bawah	3-D16		
Lapangan	Atas	3-D16	2-D10	D13-300
	Bawah	3-D16		

- Dimensi balok melintang : 50 cm x 70 cm
- Penulangan

		Utama	Samping	Senggang
Tumpuan	Atas	6-D16	2-D10	D13-300
	Bawah	3-D16		
Lapangan	Atas	3-D16	2-D10	D13-300
	Bawah	4-D16		

- Diameter tulangan : D16 Dan D22
- Dimensi poer : 2 m x 2 m x 1 m
- Tumpuan : 17-D22
- Lapangan : 7-D22
- Tulangan samping : 4-D16
- Mutu beton : K-350
- Mutu baja : U-32
- Jenis tiang pancang : Tiang pancang baja
- Dimensi tiang pancang : Ø1016 mm t = 22 mm
- Mutu baja tiang : BJ 50
- Elevasi tanah : -8 mLWS

- Titik Jepit tiang : -15,32 mLWS
- Kedalaman Tiang Tegak : -20,0 mLWS

h. Struktur Catwalk pada tugas akhir ini direncanakan menggunakan *Circular Hollow section* dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Bentang struktur catwalk
 - Catwalk 1 : 10 meter
 - Catwalk 2 : 14 meter
 - Catwalk 3 : 16 meter
 - Catwalk 4 : 22 meter
- Lebar : 1,5 m
- Jarak antar balok melintang : 2 m
- Tinggi : 1,5 m
- *Outside diameter* (D) balok utama : 219,1 mm
- *Outside diameter* (D) kerangka utama : 88,9 mm
- Mutu baja : BJ 41
- Dimensi poer : 2 m x 2m x 1m
- Diameter tulangan : D19 Dan D13
- Tumpuan : 2-D19
- Lapangan : 2-D19
- Tulangan samping : 2-D13
- Mutu beton : K-350
- Mutu baja : U-32
- Jenis tiang pancang : Tiang pancang baja
- Dimensi tiang pancang : Ø1016 mm t = 22 mm
- Mutu baja tiang : BJ 50
- Elevasi tanah : -8 mLWS
- Kedalaman Tiang : -16,0 mLWS

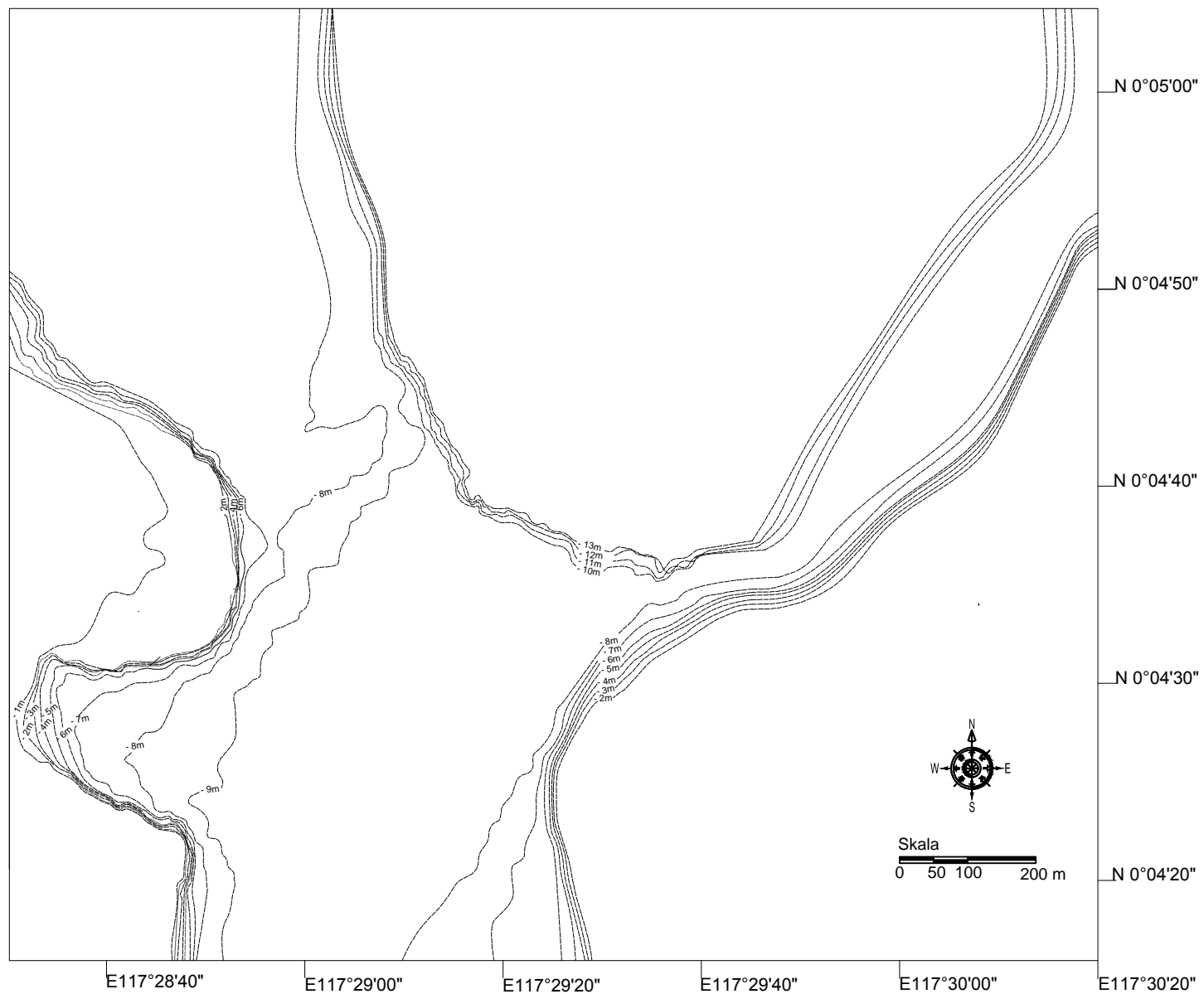
- i. Rencana anggaran biaya yang diperlukan dalam pembangunan proyek **Jetty 1 pada sisi utara dan selatan untuk Kapal 17.000 DWT Di TERSUS PT. Badak NGL Bontang** sebesar:
Rp.64.915.000.000,00 (Enam puluh empat milyar sembilan ratus lima belas juta rupiah). ()*
*Biaya tersebut belum termasuk biaya pekerjaan pengerukan dan pekerjaan trestle.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Japan Port and Harbour Association. 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Daicousa Printing, Japan
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jendral Cipta Karya. 1971. *Peraturan Beton Indonesia 1971*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 2012. *SNI-03 1726 2012 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Bandung
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering Research Center. Washington.
- Thoresen, Carl A. 2014. *Port designer's handbook*. Thomas Telford. British
- Wangsadinata, wiratman. 1971. *Perhitungan Lentur dengan Cara "n" Disesuaikan kepada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*.
- Wahyudi, Herman. 2013. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS. Surabaya
- Widyastuti, Dyah Iriani. 2000. *Diktat Pelabuhan*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS. Surabaya
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. 2014. *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomer PM. 78 tahun 2014*. Jakarta

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN *JETTY* 1 SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

PETA BATHYMETRI
JETTY 1 di TERSUS
BONTANG

NOMOR GAMBAR

01

13

Satuan : Meter

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN *JETTY* 1 SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

LAYOUT PERAIRAN

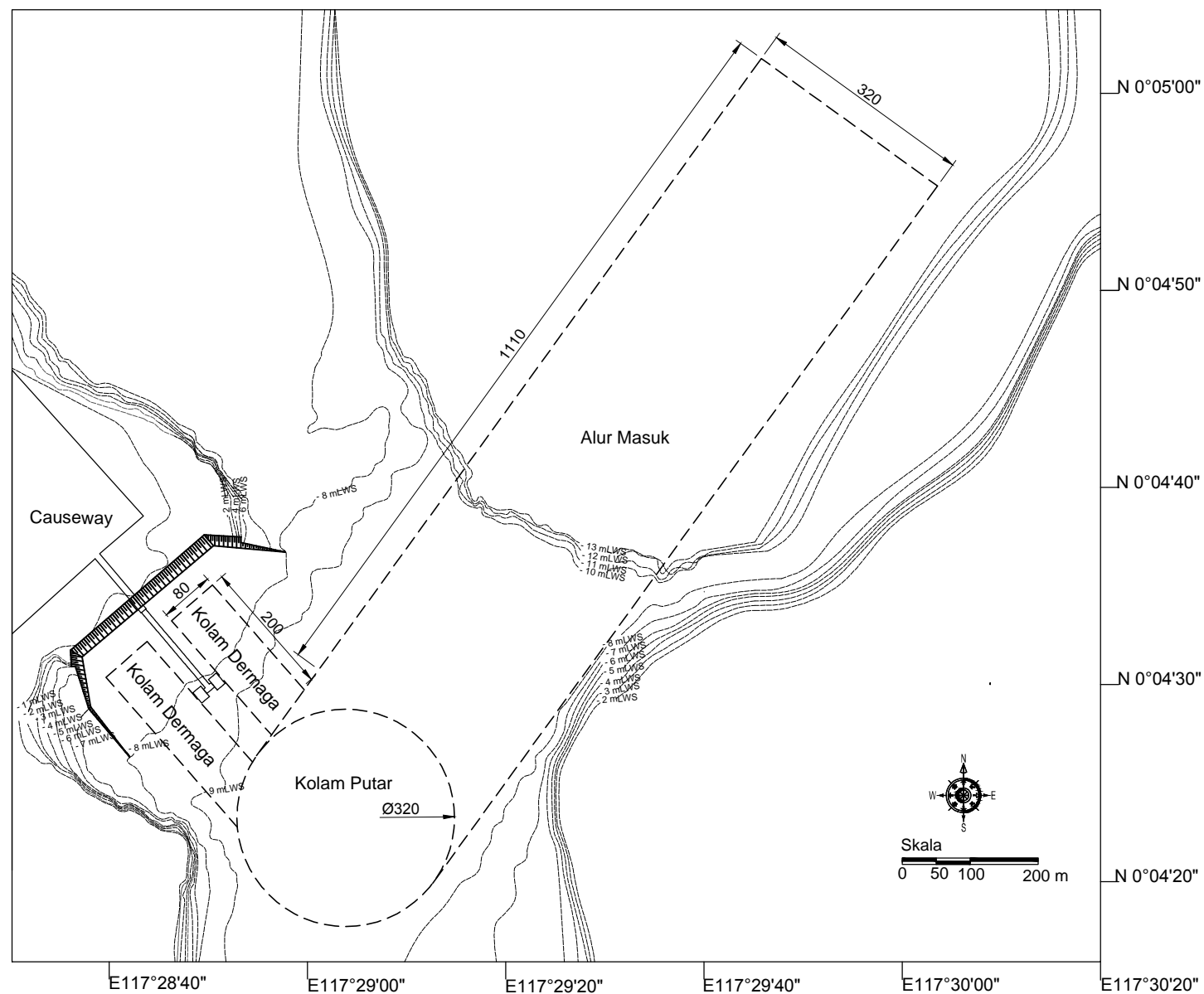
NOMOR GAMBAR

02

13

Satuan : Meter

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN JETTY 1 SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

LAYOUT JETTY 1

NOMOR GAMBAR

03

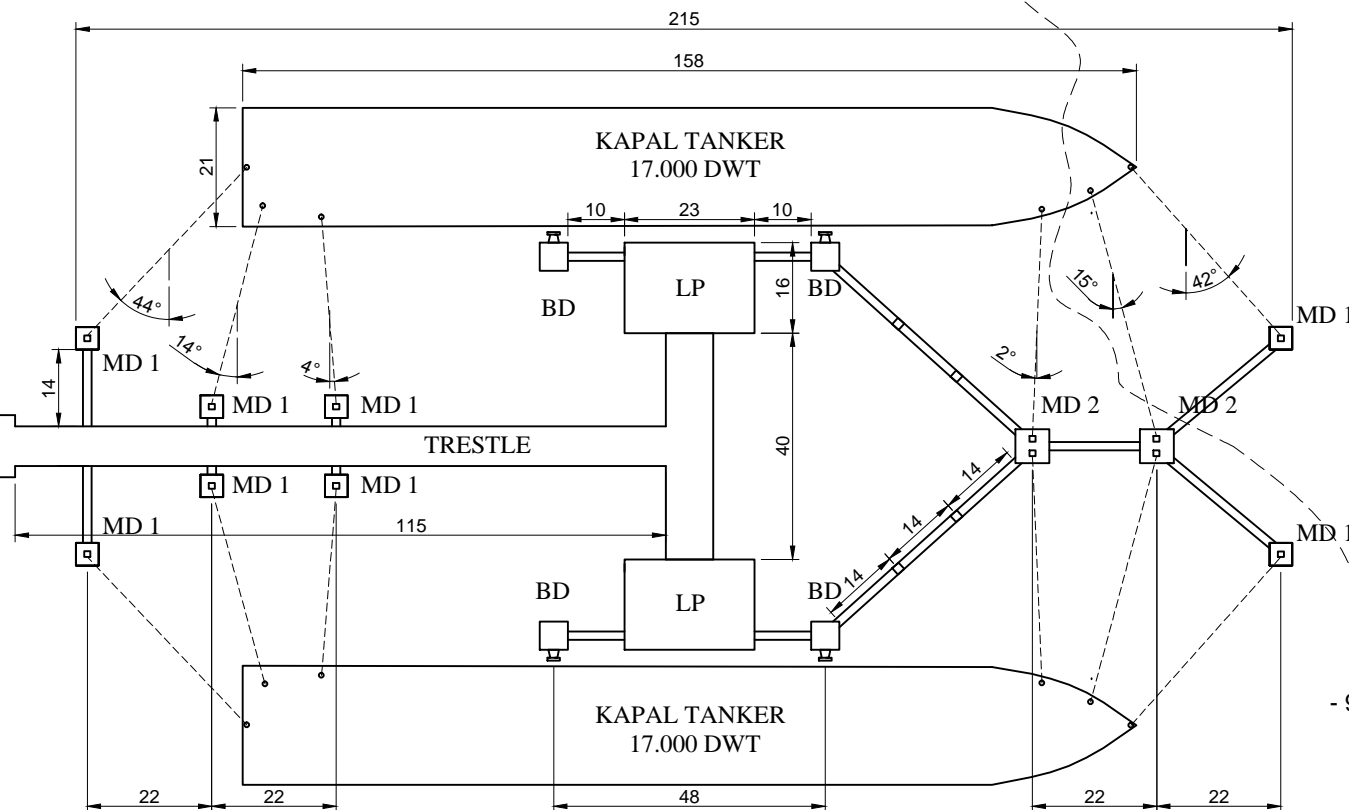
13

Satuan : Meter

CATATAN

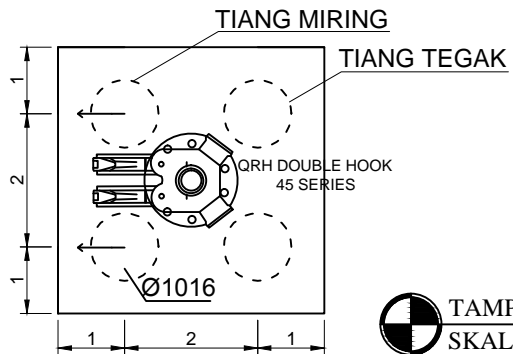
- 8 mLWS

- 9 mLWS

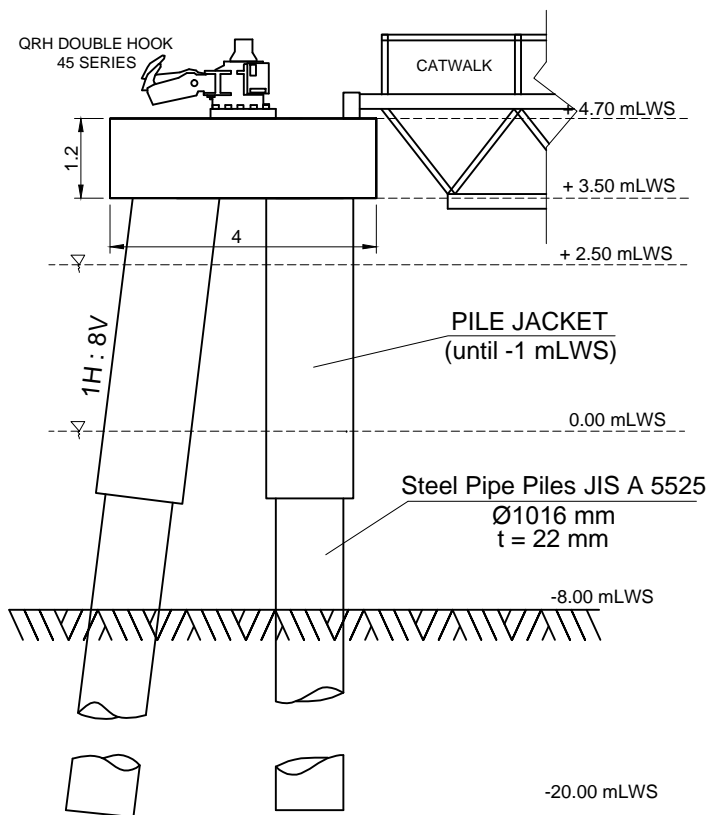


Mooring Dolphin (MD) 1 : 4 x 4 m
Mooring Dolphin (MD) 2 : 6 x 6 m
Breasting Dolphin (BD) : 5 x 5 m
Loading Platform (LP) : 23 x 16 m

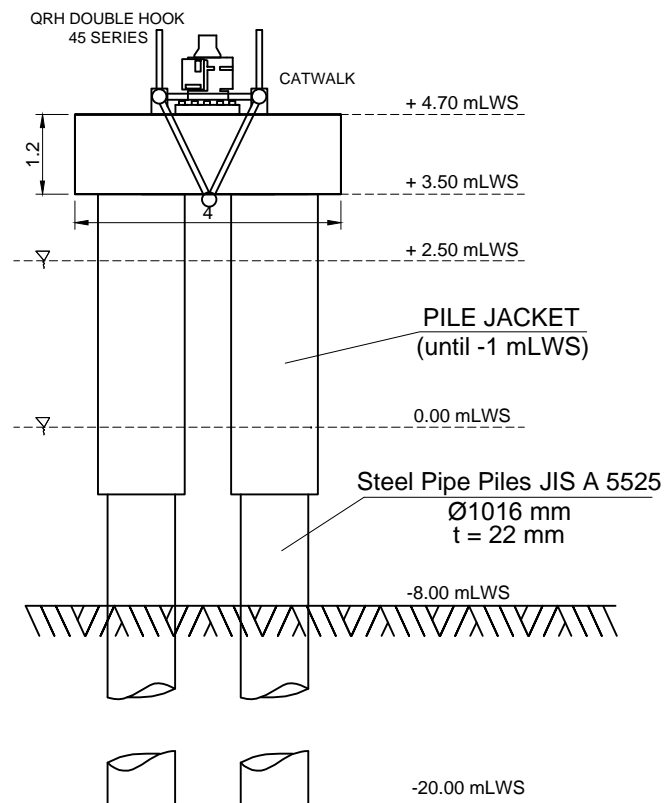
SKALA
0 10 20 40 m



TAMPAK ATAS MD 1
SKALA 1 : 100



TAMPAK SAMPAING MD 1
SKALA 1 : 100



TAMPAK BELAKANG MD 1
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN JETTY 1 SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAQ NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

MOORING DOLPHIN 1

NOMOR GAMBAR

04

13

Satuan : Meter

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN JETTY 1 SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

MOORING DOLPHIN 2

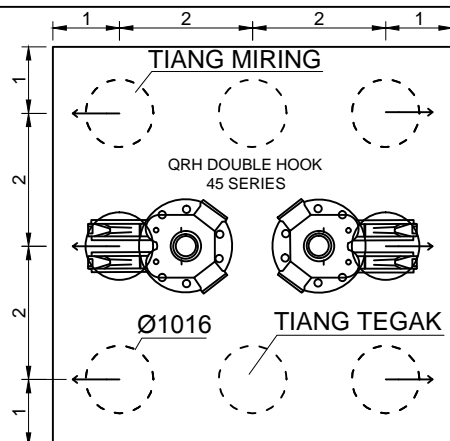
NOMOR GAMBAR

05

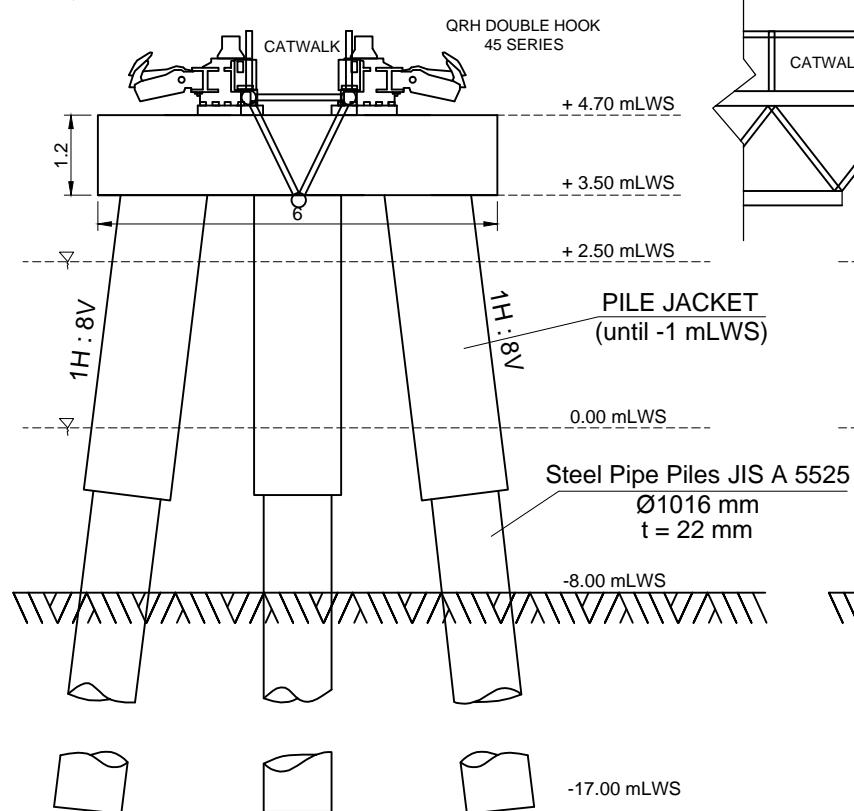
13

Satuan : Meter

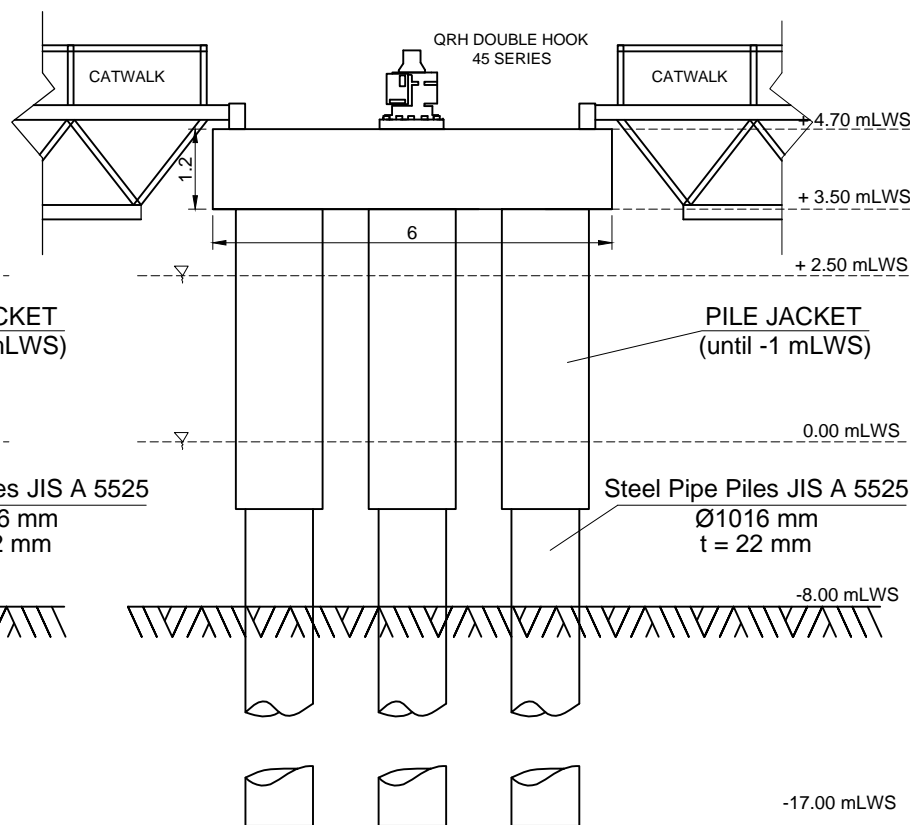
CATATAN



TAMPAK ATAS MD 2
SKALA 1 : 100



TAMPAK SAMPIING MD 2
SKALA 1 : 100



TAMPAK BELAKANG MD 2
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN *JETTY* 1 SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

BREASTING DOLPHIN

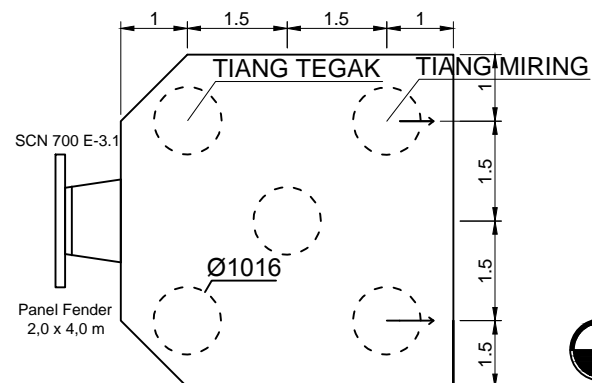
NOMOR GAMBAR

06

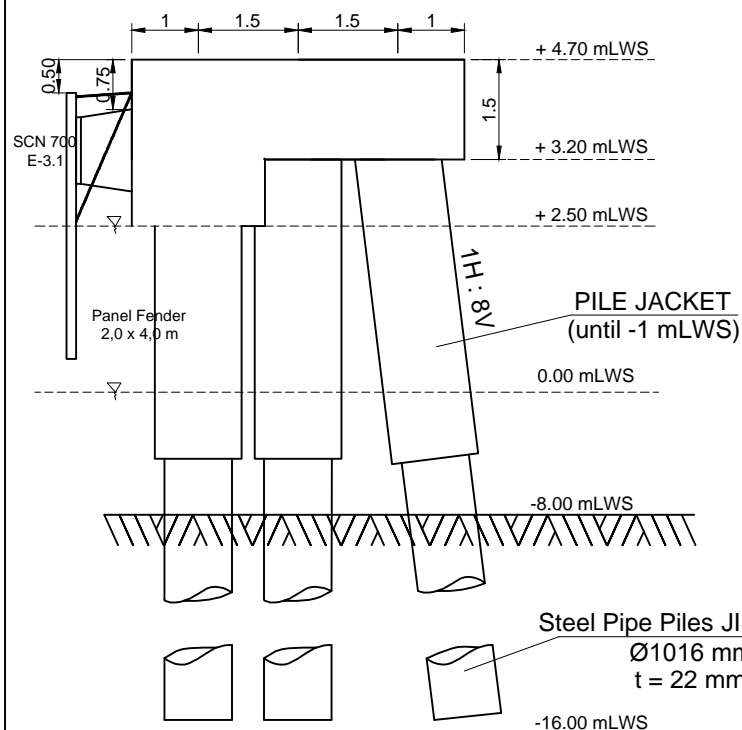
13

Satuan : Meter

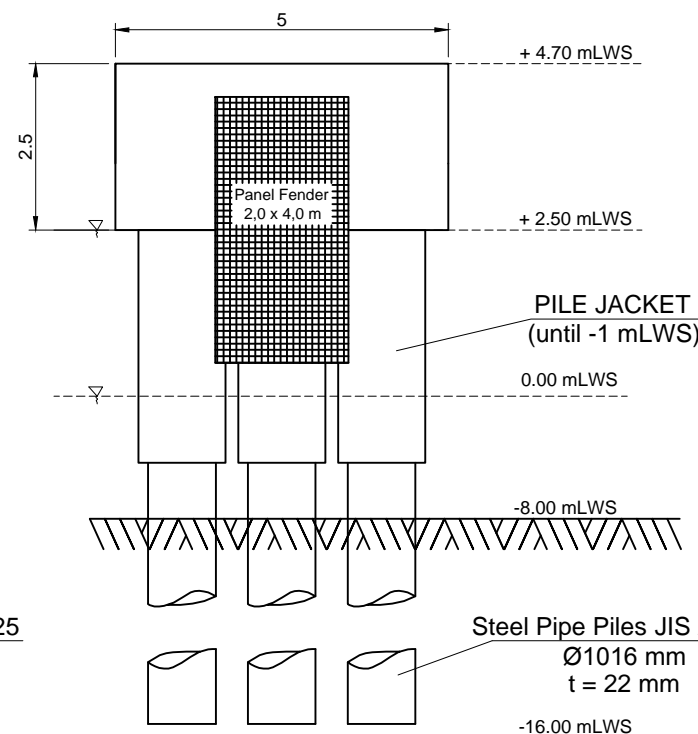
CATATAN



TAMPAK ATAS BD
SKALA 1 : 100



TAMPAK SAMPING BD
SKALA 1 : 100



TAMPAK DEPAN BD
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN JETTY 1 SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

LAYOUT UTILITAS
LOADING PLATFORM

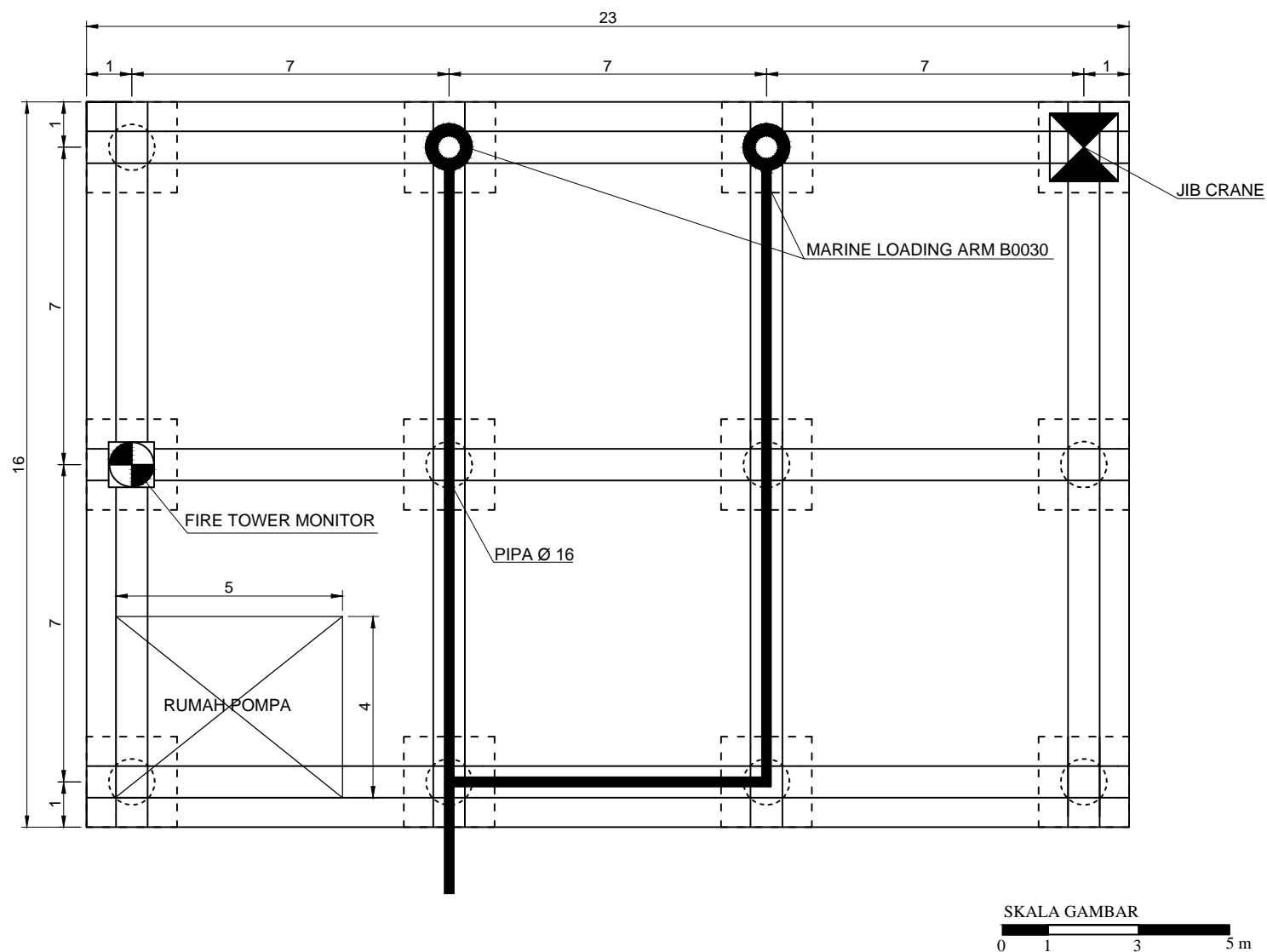
NOMOR GAMBAR

07

13

Satuan : Meter

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN *JETTY* 1 SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

LAYOUT LOADING
PLATFORM

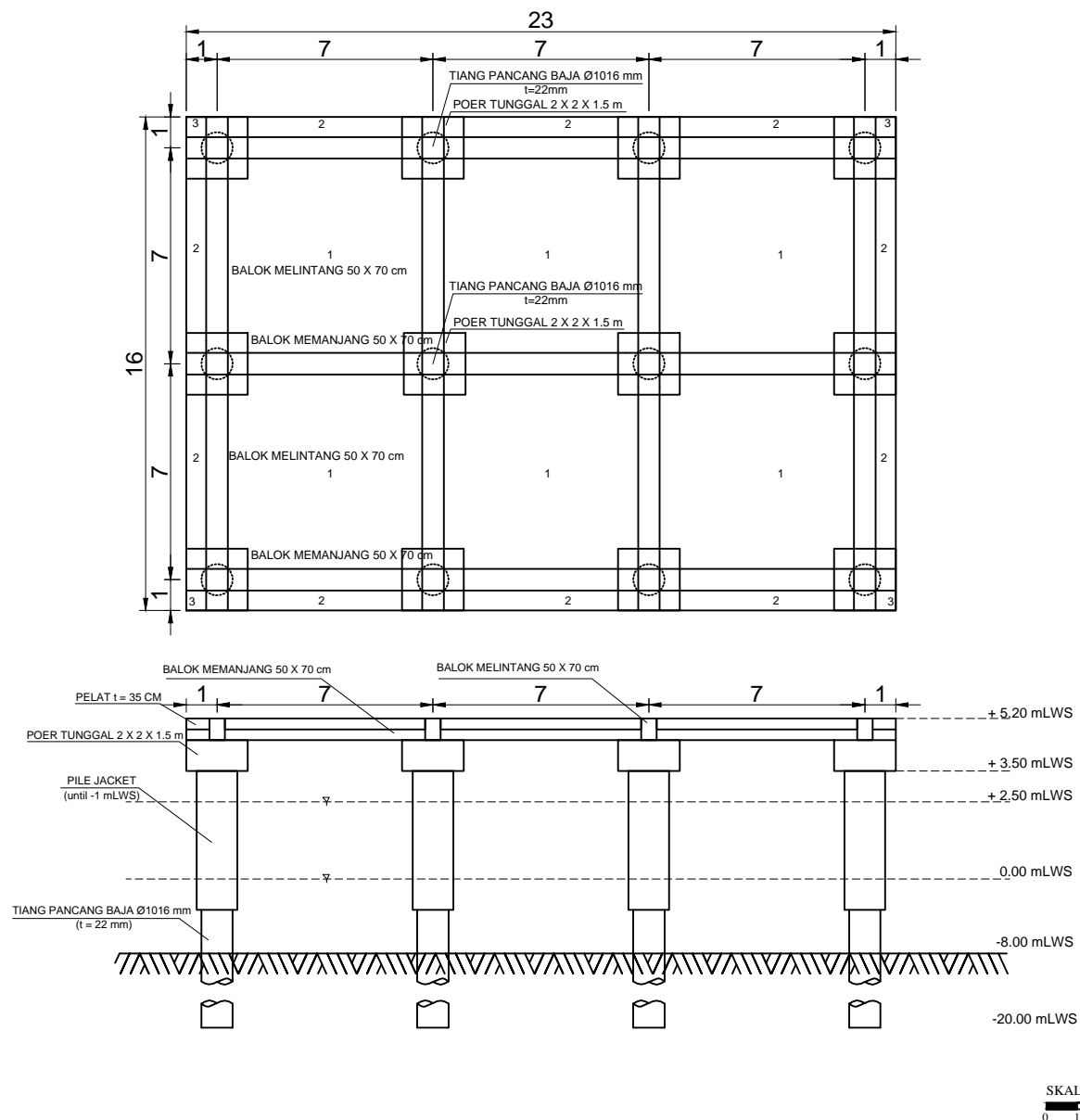
NOMOR GAMBAR

08

13

Satuan : Meter

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN *JETTY* 1 SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PLAT
LOADING PLATFORM

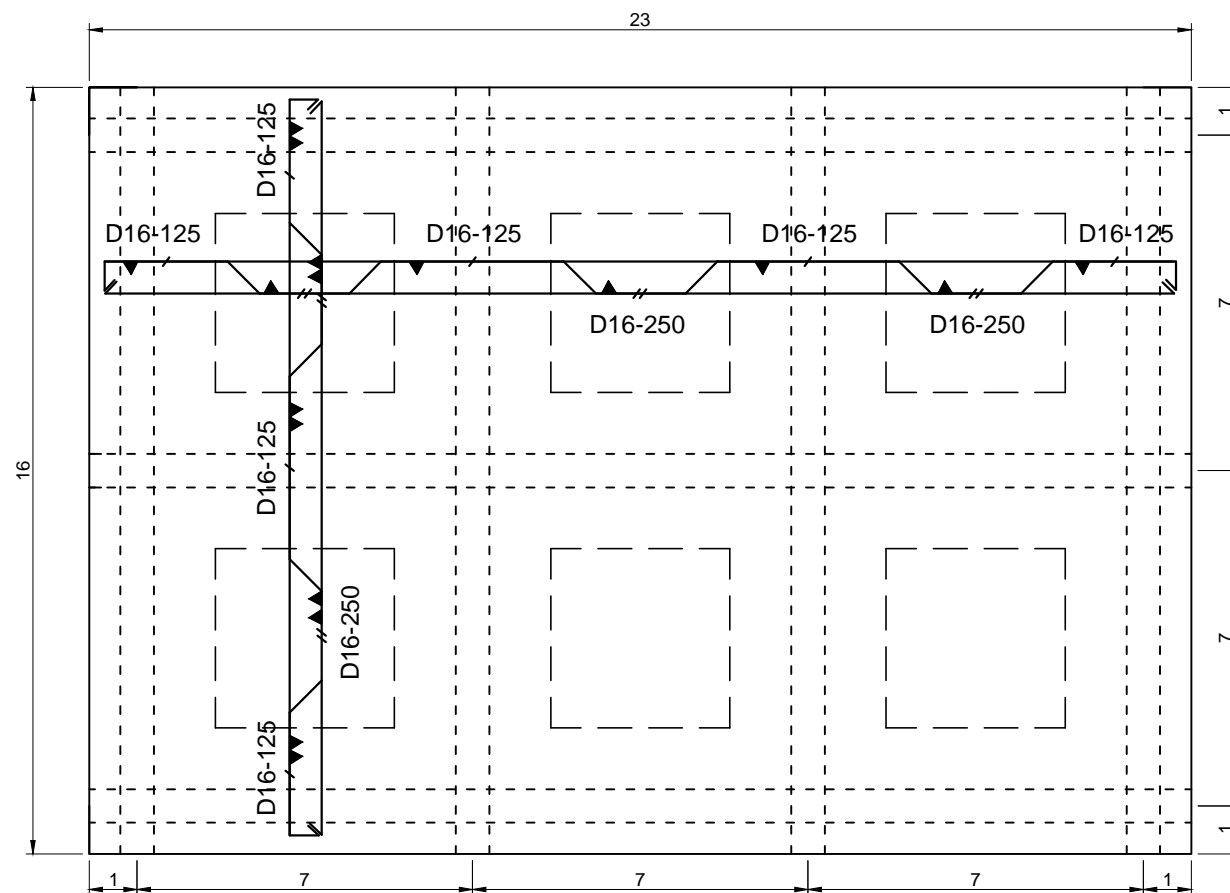
NOMOR GAMBAR

09

13

Satuan : Meter

CATATAN



SKALA GAMBAR
0 1 3 5 m



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN *JETTY* 1 SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
MOORING DOLPHIN

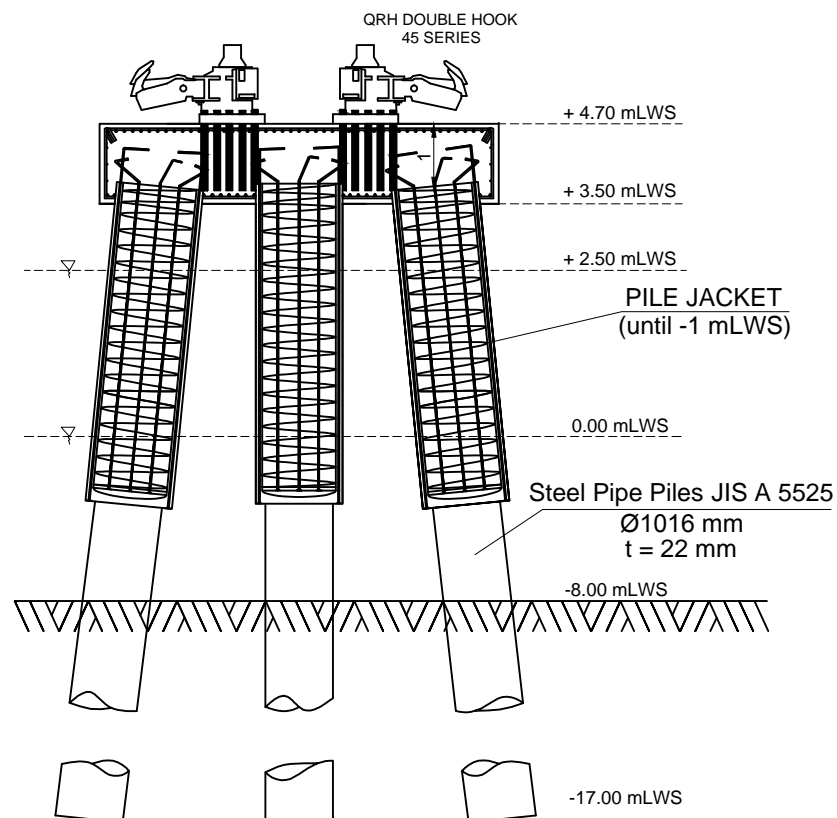
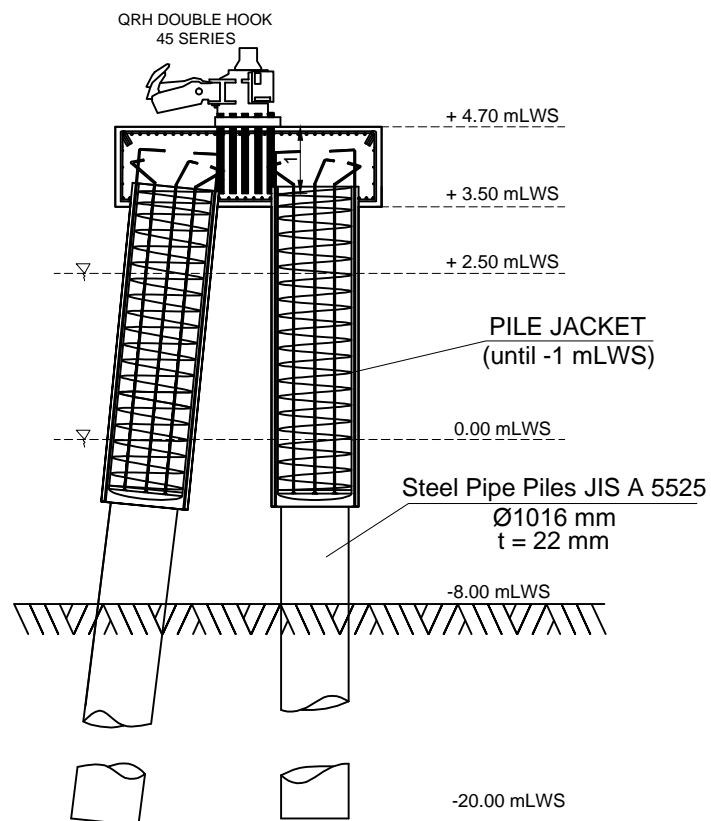
NOMOR GAMBAR

10

13

Satuan : Meter

CATATAN



DETAIL PENULANGAN MOORING DOLPHIN
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN *JETTY* 1 SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
BREASTING DOLPHIN

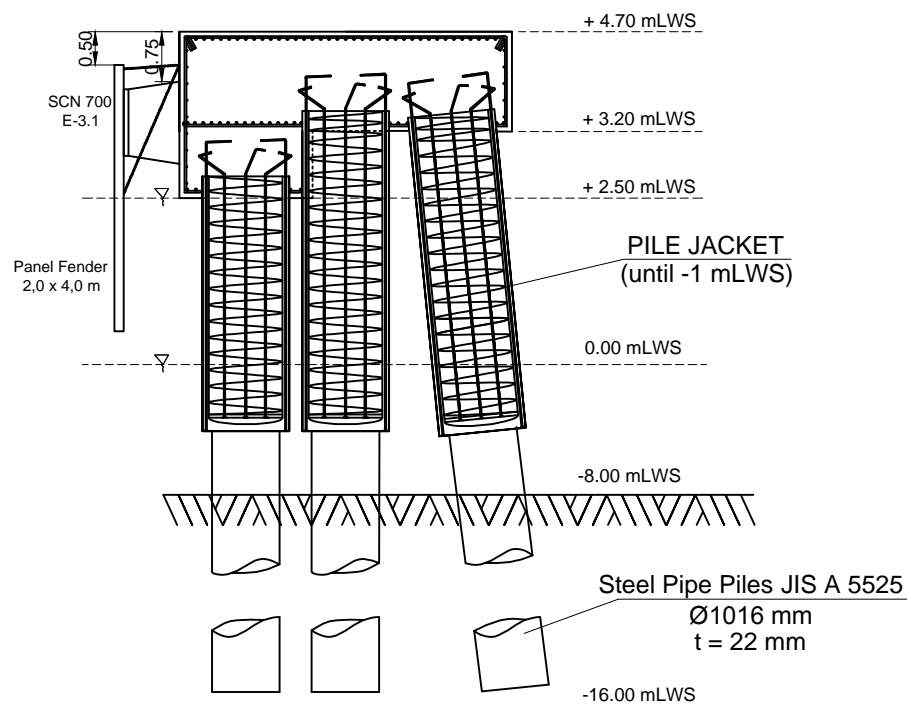
NOMOR GAMBAR

11

13

Satuan : Meter

CATATAN



DETAIL PENULANGAN BREASTING DOLPHIN
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN JETTY 1 SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
LOADING PLATFORM

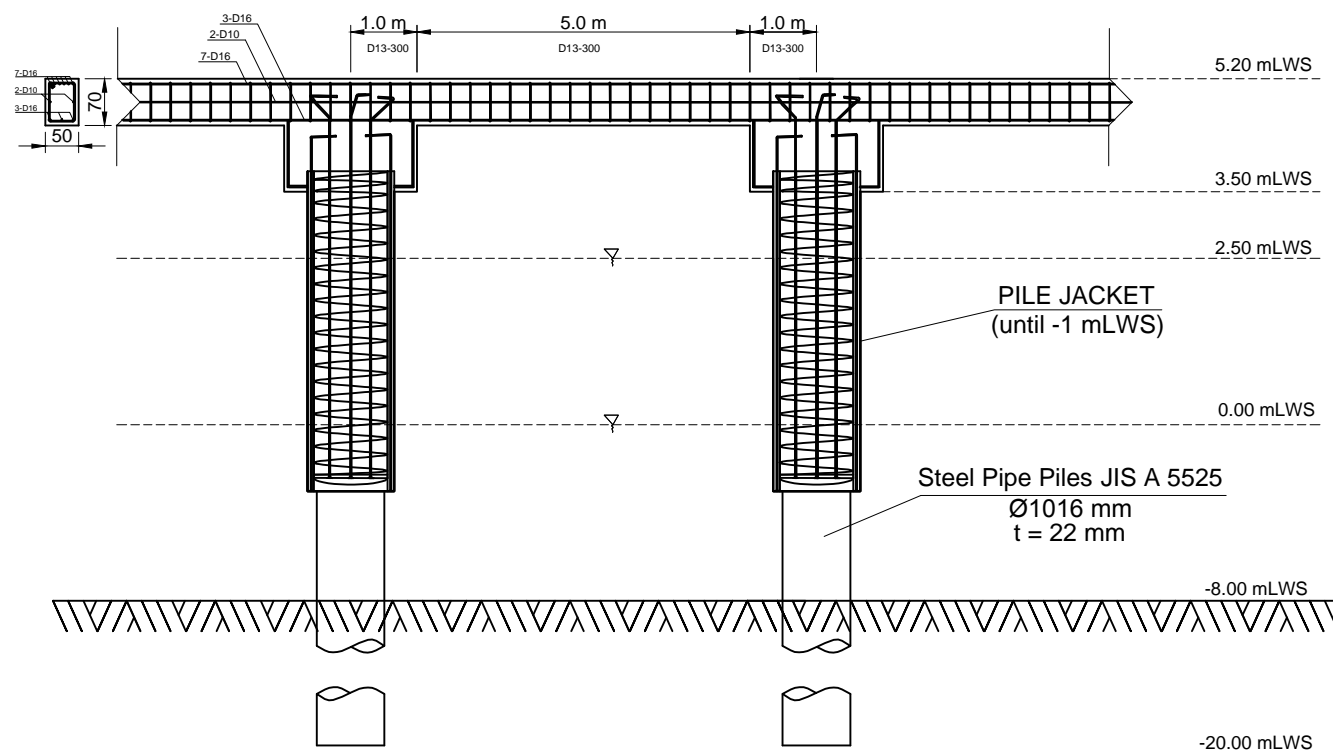
NOMOR GAMBAR

12

13

Satuan : Meter

CATATAN



DETAIL PENULANGAN LOADING PLATFORM
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN *JETTY 1* SISI
UTARA DAN SELATAN
UNTUK KAPAL 17.000 DWT
DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani W., Msc.
Cahaya Buana ST., MT

NAMA MAHASISWA

Dimaz Irja Viratama
(3112 100 148)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
BALOK LOADING
PLATFORM

NOMOR GAMBAR

13

13

Satuan : Meter

CATATAN

**TABEL DETAIL PENULANGAN
BALOK MEMANJANG & MELINTANG**

Type	LOADING PLATFORM			
	B.MELINTANG		B. MEMANJANG	
Kode	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
DETAIL BALOK				
Dimensi Balok	500 x 700 (L = 7 m)		500 x 700 (L = 7 m)	
Tulangan Atas	6-D16	4-D16	3-D16	3-D16
Tulangan Bawah	3-D16	3-D16	3-D16	3-D16
Tulangan Samping	2-D10	2-D10	2-D10	2-D10
Tulangan Sengkang	D13-300	D13-300	D13-300	D13-300

SKALA GAMBAR

0 0.5 1 1.5 m



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. DYAH IRANI W, MSc & CATHYA BUANA, ST., MT
NAMA MAHASISWA	: DIMAZ IRJA VIRATAMA
NRP	: 3112100148
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN JETTY 1 SKI UTARA DAN SELATAN UNTUK KAPAL 17.000 DWT DI TERAS PT BAKAL MBL, BONTANG
TANGGAL PROPOSAL	: 19 JANUARI 2016
NO. SP-MMTA	: 050415 / IT 2.3.1.1 / PP.05.02.00/2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	21/03-2016 28/3/2016	<ul style="list-style-type: none"> - Penulisan di perbaiki - Pendahuluan di perbaiki - Evaluasi Lay-out dimasukkan ke perencanaan struktur - Metodologi harus ada judul Bab dan sub-Bab - Sumber data ditambahkan <p>Bab 1 = perbaikan</p> <p>Bab 2 =</p> <p>Bab 3</p>	<p>Perbaiki Peta Diagram</p> <p>Perbaiki 2.2.1 2.2.2</p> <p>2.3.1 — Anchorage — Abutment</p> <p>2.3.2. Perbaikan.</p> <p>Fender diperbaiki stlh Perbaikan fender selam.</p> <p>Bollard juga Perbaiki</p>	<p>G</p> <p>J</p>



Form AK/TA-04

PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284 rev01



NAMA PEMBIMBING	IR DYAH IRAMI W, MSL & CAHYA BUANA, ST., MT			
NAMA MAHASISWA	DIMAZ IRJA VIRATAMA			
NRP	3112100148			
JUDUL TUGAS AKHIR	PERENCANAAN JETTY 1 SISI UTARA DAN SELATAN UNTUK KAPAL 17.000 DWT DI TERAS PT BAKY MGL, BOMAMB			
TANGGAL PROPOSAL	19 JANUARI 2016			
NO. SP-MMTA	090415/ IT. 2. 3. 1. 1 / PP. 05. 02. 00/2016			
NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	4/16	Bab III	Perbaiki Bab III,	
	11/4/16	Bab IV	Bab IV	
	18/7/16	BAB V	- perbaiki penulisan - susunan layout - tentukan jenis muatan	
	25/7-16	Bab V	- Perbaiki Lay-out	
	8/8-16	Bab V	- Koordinat Gambar - Revisi Lay-out daratan	
	15/9-16	Bab VI	- Revisi Bab V → Lanjutkan RAB + Gambar	
	11/10-16	Bab VII + Gambar	→ Perbaiki metode → Revisi Gambar	



Form AK/TA-04

PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284 rev01



NAMA PEMBIMBING	: Ir. DYAH IRIANI W, MSc & CAHYA BUANA, ST. MT			
NAMA MAHASISWA	: DIMAZ IRDA V			
NRP	: 3112100148			
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN JETTY 1 SISI UTARA DAN SELATAN UNTUK KAPAL 17.000 DWT DI TERBES PT BADAK MBL, BONTANG			
TANGGAL PROPOSAL	: 19 JANUARI 2016			
NO. SP-MMTA	: 050415/ IT 2.3.I.1 / PP.05.02.00 / 2016			
NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	24/10/2016	→ Gambar	- Perbaiki Gambar - Lanjut RAB	
	31/10/2016	→ RAB	- Revisi RAB	
	05/12/2016	→ Gambar	→ Cek fender → skala diperbesar	
	13/12-2016	→ Pengaruh Group pile → Perhitungan tang pancang → Perhitungan sengkang	- Revisi	

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Dimaz Irja Viratama yang dilahirkan pada tanggal 14 Desember 1994 di Jakarta merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Telah menempuh pendidikan formal di SDN 05 Cengkareng Barat, SMPN 45 Jakarta dan SMAN 78 Jakarta. Selanjutnya penulis melanjutkan studinya di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS setelah mengikuti tes SNMPTN tertulis pada tahun 2012. Selama masa perkuliahan di ITS penulis juga aktif dalam kegiatan lain diluar akademik, baik perlombaan, organisasi dan kepanitiaan. Di akhir masa studinya di ITS, penulis mengambil tugas akhir di bidang Transport dengan judul “Perencanaan jetty 1 sisi utara dan selatan untuk kapal 17.000 DWT di TERSUS PT Badak NGL, Bontang”.

Email : dimazviratama@yahoo.co.id